

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ
Я ПОЗНАЮ МИР

УДК 087.5:575
ББК 28.02
Я11

Автор *Павлинов И. Я.*
Художники: *Крускоп С. В., Станишевский Ю. А.*

Я познаю мир: Детская энциклопедия: Развитие
Я11 жизни на Земле / И. Я. Павлинов; Худож.: С. В. Крускоп, Ю. А. Станишевский. — М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2001 — 400 с.: ил.
ISBN 5-17-008713-6 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-02840-2 (ООО «Издательство Астрель»)

Что такое эволюция? Почему одни организмы, меняясь, превращаются в другие? Куда текут эволюционные потоки? На все эти непростые вопросы можно найти ответ в новом томе популярной детской энциклопедии «Я познаю мир», посвященном происхождению и развитию живой природы.

Издание снабжено предметно-именным указателем.

УДК 087.5:575
ББК 28.02

Подписано в печать 9.02.2001 г.
Формат 84×108 1/32. Бумага газетная.
Гарнитура «Школьная». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 21,00. Тираж 50000 экз. Заказ № 1918.

ISBN 5-17-008713-6 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-02840-2 (ООО «Издательство Астрель»)

ПАРАДОКС БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

«Все течет, все меняется» — эта мудрость древних философов, пожалуй, одна из немногих, в чьей справедливости мало кто сомневается. Течет река. Течет песок меж пальцев. «Течет» время. А что такое **эволюция** как не текущий во времени «поток» живого вещества, в котором одни организмы, меняясь, превращаются в другие?

Эта метафора проста и потому красива. Но только пока мы не стали задавать вопросы «почему?» да «отчего?». Река течет, подчиняясь закону гравитации и потому всегда сверху вниз — с этим, по крайней мере, все ясно. Время «течет» из-за... ну, про это никто не знает: просто считается, что оно не может не «течь», иначе все причины и следствия перемешаются между собой и огонь под чайником зажжется из-за того, что в чайнике закипела вода. И потому время «течет» так, чтобы следствие всегда шло за своей причиной. А почему «течет» поток биологической эволюции? И куда он течет?

Эти два вопроса издавна были одними из самых загадочных для ученых, которые

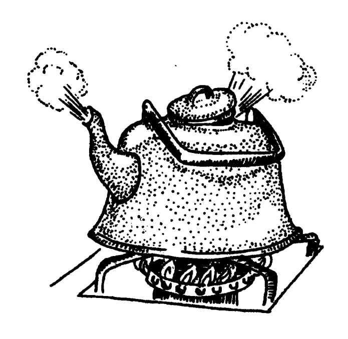


Аристотель

стремились постичь естественную, а не божественную «механику» происхождения и исторического развития жизни. Со времен Аристотеля предполагали наличие у живых существ некоего особого «вещества жизни» — **энтелехии**, которая заставляет их стремиться к совершенствованию. Это был как флогистон средневековых алхимиков, который якобы «заставляет» газы подниматься вверх. Но вот пришли физики, которые все стараются измерить, и выяснили, что нет ни флогистона в неживой материи, ни энтелехии в материи живой. А что же есть?

В классической термодинамике, зародившейся два-три века назад, одним из наиболее важных свойств всякой системы считается **энтропия**, уровень которой тем меньше, чем больше порядка в системе. Так вот, второй закон термодинамики утверждает, что энтропия может только расти: в результате всякая система со временем «стремится» стать проще — или, иначе говоря, «движется» к равновесию. Качающийся маятник со временем непременно остановится. А если система состоит из двух предметов, теплого и холодного, то их

температуры непременно должны выравняться: теплое остынет, а холодное нагреется. На формулировку этого закона физиков сподвигло наблюдение над такой системой, как тот самый пресловутый чайник с водой: всякий раз экспериментируя, они неизменно убеждались в том, что, во-первых, чайник ни за что не закипит, если под ним не зажечь огонь, и, во-вторых, после закипания, если выключить огонь, он непременно остынет.



Кипящий чайник на огне

Казалось бы, что здесь такого, все настолько очевидно... Но неприятность в том, что эти физики все-все в мире приравняли к чайнику. Вы, быть может, слышали о «тепловой смерти» Вселенной: это как раз оттуда, от убеждения, что вся наша необъятная Вселенная — просто очень большой «чайник», который непременно должен остыть.

Не кажется ли вам, что второй закон термодинамики — это и есть готовый «закон эволюции»? И правда, разве он не указывает почему и куда должен «течь» поток эволюции? Смело отвечайте на этот вопрос утвердительно: ведь сама «мать всех наук» физика так говорит! Но не кажется ли вам, что в таком случае все, буквально все в этой эволюции должно быть наоборот: например, простейшие организмы должны были

произойти от более сложных? А если все факты в биологии свидетельствуют об обратном, то чему верить — этим фактам или «теории всеобщего чайника»?

Итак, классическая термодинамика со своим якобы «универсальным» вторым законом в случае биологической эволюции потерпела фиаско. Стало ясно, что в таком варианте он ее не объясняет или «объясняет», но «с точностью до наоборот». Так в научном мире в конце XIX — начале XX столетия родилось представление о парадоксальности, «незаконности» этой эволюции, раз она «против» существовавших тогда законов физики и механики.

Тогда биологи сами решили взяться за «механику» эволюции. В то время как раз зарождалась **генетика**, которая, как всякая новая наука, бралась с маху решить все проблемы биологии, в том числе и эволюции. Ну что тут поделаешь, это присуще всем новым научным направлениям — эдакая своеобразная «болезнь роста». Так вот, генетики решили, что все в эволюции — «от гена»; к этому была приплюсована дарвиновская теория естественного отбора. И родилась «синтетическая теория эволюции», владевшая умами ученых большую часть XX века.

Все было бы ничего, да слишком многие ее положения не соответствовали некоторым фундаментальным свойствам живой материи, прежде всего направлению «эволюционного потока». Ну не получалось в этой теории, почему

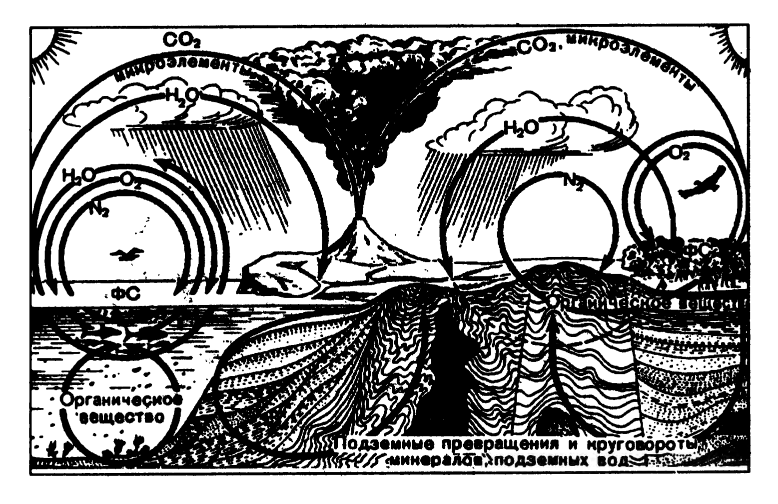
вообще из неживой материи должна была зародиться жизнь или почему, например, из одноклеточных существ получились многоклеточные. Это сейчас понятно, что одна из причин неудачи — именно стремление все свести к одним лишь генам, а тогда... Всерьез обсуждалась, например, идея «эгоистического гена», согласно которой все многообразие мира живых существ — то, что мы называем **биотой**, есть просто «форма существования» разных генов. Вы можете себе представить, что полное собрание сочинений Льва Николаевича Толстого — просто «форма существования» букв алфавита? То-то: доведите идею до абсурда, чтобы стала ясной ее изначальная порочность...

В общем, становилось все яснее, что лишить эволюцию ее таинственности и парадоксальности может только совершенно новая идея, новая теория, которая объяснила бы, почему и куда «течет» биологическая эволюция и почему она «противоречит» второму закону термодинамики. И такая теория родилась одновременно с новой физической (а заодно и химической, и биологической, то есть воистину универсальной) наукой **синергетикой**. Конечно, ее законы не отменяют законов термодинамики, в том числе и знаменитого второго закона: просто они «работают» в разных сферах и, таким образом, не исключают, а дополняют друг друга.

Суть важнейших идей синергетики, ключевых для понимания биологической эволюции,

достаточно проста. Их полезно уяснить, чтобы самим пробовать решать эволюционные «головоломки» (в конце концов разве не этим занимаются ученые?). Оказывается, существуют особые системы — так называемые **открытые неравновесные**, — к которым просто не приложим классический второй закон термодинамики. «Открытые» — значит, они взаимодействуют с внешним миром, *обмениваются с ним веществом и энергией*. Такие системы обладают одной странной особенностью: в процессе этого взаимодействия они как бы «экспортируют» свою энтропию, свое свойство упрощаться, «навязанное» им вторым законом термодинамики, в окружающую среду. И за счет этого, «упрощая» свое окружение, они способны наращивать свою собственную сложность, удаляясь от точки равновесия: поэтому-то они «неравновесные».

За примером открытой неравновесной системы далеко ходить не надо: это вы, уважаемый читатель, сами и есть. Начавшись с крохотного зародыша, вы росли и усложнялись. Но за счет чего? Только потому, что что-то ели, переваривали и выдавали наружу «отходы производства». То, что вы съели, было когда-то другим организмом, возможно, таким же сложным, как и вы сами, и уж наверняка гораздо сложнее того, что вы выделили из себя в виде работы ваших мышц, температуры вашего тела, пота и всего прочего. Вот и получается, что вы в целом стали

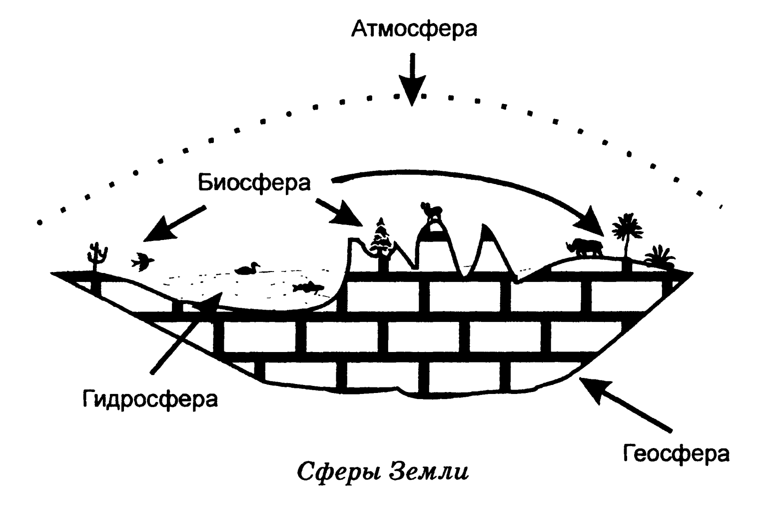


Круговорот веществ в природе

сложнее за счет разрушения чьей-то другой сложности.

Самое важное для нас вот что: все проявления жизни, от простейшей клетки до биоты в целом, как раз и являются такого рода системами. Такой системой является и весь земной шар со всем тем, из чего он состоит: с его недрами — **геосферой**, океанами и морями — **гидросферой**, воздушной оболочкой — **атмосферой**. Частью этой всеобщей системы является и живое вещество — **биосфера**. Их «системность» определяется природным круговоротом вещества и энергии, которым охвачены, связаны в единое целое все названные сферы.

Из этого внимательный читатель уже сам может сделать заключение о том, как развивается вся эта глобальная неравновесная система. Конечно же, в основе всего лежат механизмы,



Сферы Земли

позволяющие наиболее эффективно «упорядочивать» природный круговорот и за счет этого использовать вещество и энергию по максимуму. И биосфера с этой точки зрения ничуть не «хуже» и не «лучше» прочих земных оболочек-сфер: она тоже «вписана» в этот круговорот, только роль ей определена достаточно специфичная — «круговращать» энергию, запасенную не в минеральном, а в органическом веществе. И именно этой ролью определяется характер развития самой биосферы.

Конечно, все эти теоретические рассуждения могут показаться чересчур «заумными» и «абстрактными», но они очень важны. Действительно, давайте еще раз зададимся теми вопросами о биологической эволюции, которые возникли у нас, когда мы разбирали второй закон термодинамики. И получается, что законы синергетики дают нам новое понимание

и причин, и направления эволюции. Попробуем осмыслить их с этой точки зрения.

Прежде всего, теперь мы можем утверждать, что эволюция жизни на Земле не есть что-то сверхъестественное и таинственное. Она — часть природных процессов, происходящих на нашей планете и связанных *с упорядочиванием «потоков» вещества и энергии*. Именно по этой причине жизнь возникла и именно по этой причине она развивалась.

Из этого ясно, что биологическая эволюция — это развитие биоты в целом, а не «сумма» изменений отдельных организмов или генов. Конечно, и гены, и организмы меняются в процессе эволюции, но их изменения не более чем составная часть процесса, а не его суть. Уместной аналогией здесь может быть индивидуальное развитие самого организма: ведь не будете же вы утверждать, что сутью всех его изменений является жизнедеятельность отдельных клеток, из которых он состоит (хотя какому-нибудь эритроциту, наверное, «кажется», что именно в нем основной смысл существования всего организма).

Далее, из этих идей вытекает, что *развитие биоты ведет к ее усложнению*. Во-первых, усложняется она сама: увеличивается число групп организмов, усложняются связи между ними — прежде всего пищевые. Во-вторых, усложняются и те «кирпичики», из которых строится вся биота, — отдельные организмы. И это тоже понятно: степень сложности их

строения и функций соответствует степени сложности пищевых связей между ними в биоте — усложняется одно, усложняется и другое, все здесь взаимно обусловлено.

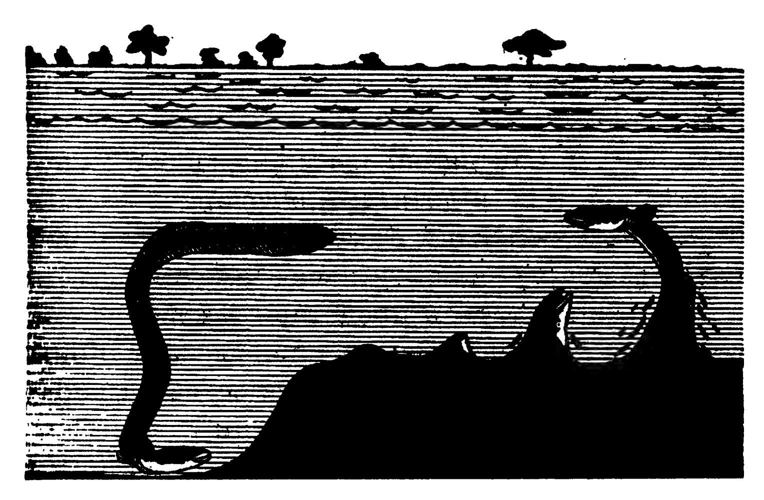
Ну, и наконец... Впрочем, пожалуй, для начала хватит: о более «частных» законах биологической эволюции вы узнаете в других главах книги. Главное, вы поняли, что эта эволюция вовсе не столь парадоксальна, как казалось даже несколько десятилетий назад, и не «против» законов естества. Наоборот, ее собственные законы вытекают из общих принципов развития сложных природных систем, к числу которых относится и земная биота.

ЖИВОЕ ИЗ НЕЖИВОГО



В эпоху Возрождения, когда биологическая наука еще очень робко пыталась точными экспериментами опровергнуть библейскую легенду о сотворении мира по велению творца, основной задачей было показать, что живые существа могут зарождаться из земли, из почвы прямо в банке. И вы сами можете повторить эти опыты первопроходцев: возьмите землю в огороде, поместите ее в стеклянную банку, закройте плотной крышкой и оставьте на несколько дней: будьте уверены — какой только мелкой живности там не окажется через несколько недель.

Ну и что же вы доказали? А только то, что почва битком набита яйцами самых разных беспозвоночных животных, которые и выводятся из них. Но если эти яйца убить жаром



«Самозарождение» угря из ила

огня, предварительно прокалив землю на газовой горелке, то ваша закупоренная банка и через год останется безжизненной. Значит, на сегодняшний день «жизнь в пробирке» возникнуть сама по себе не может. Так как же на самом деле зародилась жизнь на нашей планете?

Как вы, очевидно, знаете, все планеты Солнечной системы, среди них и Земля, сформировалась из космического газо-пылевого облака. Сначала никакой жизни на Земле не было вовсе, были одни минеральные, газообразные и жидкие вещества, подвергавшиеся разнообразным геохимическим процессам. Вслед за этим в самых своих простейших формах появилась жизнь со своими уже биохимическими процессами, протекающими в клетках. Некоторые полагают, правда, что какие-то «споры жизни» могли быть занесены на нашу планету из космоса — но там-то они откуда взялись? Так что давайте все-таки про Землю. И объяснить нам нужно вот что: *как геохимические процессы «превратились» в биохимические*, то есть как на основе круговорота минеральных веществ возник круговорот веществ органических? Это и будет ответом на самый важный вопрос: как неживое стало живым.

Если попытаться представить себе, что за обстановка была на Земле в первые миллионы лет ее существования, то, на́верное, самым подходящим было бы сравнение с сущим адом. Скалистые горы серо-черного цвета с острейшими вершинами, еще не затронутыми эрозией,



Ландшафт древней Земли

вздымаются над волнующейся морской пучиной. Почти повсеместно изрыгают огонь и расплавленную лаву вулканы, из их жерл со свистом выходят фумаролы — накопившиеся под землей газы. Небо покрыто сплошной пеленой вулканического пепла и тяжелыми черными тучами, между которыми то и дело с треском проскакивают молнии. Из космоса изливаются потоки ультрафиолетовых лучей, убивающих все живое, только вода задерживает их своей толщей. Атмосфера содержит в основном окись углерода, сероводород, аммиак да метан, а кислорода — обратите на это внимание — нет вовсе, зато есть пары воды.

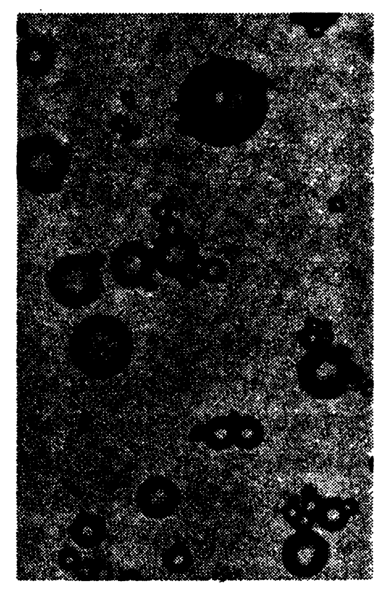
Именно в таких странных и совершенно непригодных для жизни (с точки зрения современного наблюдателя) условиях на Земле начали образовываться простейшие органические соединения — небольшие молекулы сахаров,

аминокислоты и некоторые другие. Вся обстановка этому способствовала: и высокое содержание определенных газообразных веществ, между которыми прямо в атмосфере протекали химические реакции; и искровые разряды молний, которые вместе с ультрафиолетом «поставляли» энергию для этих реакций; и отсутствие кислорода — этот химический элемент попросту разрушал бы, окисляя, все получающиеся вещества. И это не просто домыслы: когда подобные условия воспроизвели в химических лабораториях, были действительно получены многие молекулы, входящие в состав живых организмов.

Потихоньку таких веществ становилось все больше и больше, они из атмосферы попадали в воду. Так в морях образовался своеобразный «первичный бульон» из простых органических веществ, особенно «густой» у мелких берегов, хорошо прогреваемых солнцем. Многие из молекул содержали определенные количества энергии, «запасенной» в форме химических связей между их атомами. И это было очень важно: ведь появились «неосвоенные» запасы вещества и энергии, которые нужно было как-то «концентрировать», собирать в какие-то более сложные комплексы. Таким способом, образно говоря, природа «приводила в порядок» протекающие через «бульон» энергетические «потоки» — таков один из законов уже знакомой вам науки синергетики. Вследствие этого происходило нарастание

сложности круговорота веществ — пока еще геохимического, но уже содержащего в «зачатке» некоторую толику и живого вещества.

Как же это достигалось? Сначала небольшие молекулы собирались в виде так называемых **макромолекул**, то есть состоящих из очень большого числа атомов, — тех же сахаров, белково-подобных соединений, липидов и так далее. Мало-помалу из них стали формироваться крошечные, в несколько десятков микрон, капельки — **коацерваты**, которые во множестве стали плавать в том самом «бульоне». Одни из них состояли из одинаковых молекул, другие из разных, в том числе белковых и нуклеиновых; те, кому «повезло», оказывались окруженными чем-то вроде мембраны из липидов, что придавало всей капле дополнительную устойчивость. Коацерваты образовывались и распадались, росли и делились; при этом они «питались» другими молекулами, поглощая их через свою поверхность и расщепляя на мелкие составные части — это был прообраз будущего



Коацерваты

брожения, освоенного позже в полной мере бактериями. И все подобные процессы ученые, среди них наш соотечественник академик А.И. Опарин, будьте уверены, тоже наблюдали в своих лабораториях.

И вот среди коацерватов, этих прообразов будущих живых клеток, началась... биохимическая эволюция. Те капельки «преджизни», которые могли с помощью катализаторов (из которых потом получились **ферменты**) более эффективно «питаться» и накапливать больше энергии, получали преимущество. А среди них в особом выигрыше оказывались, несомненно, те, которые были способны передавать свои свойства «потомкам», то есть другим капелькам, на которые распадалась родительская. Такими оказались коацерватные капли, включавшие в себя молекулы белков и нуклеиновых кислот: белки обеспечивали все процессы «питания», а нуклеиновые кислоты — процессы сохранения и передачи информации от родительских капелек дочерним. То есть у них возникли уже какие-то зачатки наследственности.

Что-нибудь вам это напоминает? Конечно же, примитивнейшие живые организмы, которые нельзя получить, но можно наблюдать в пробирке, — **бактерии**.

Разумеется, многое из «предбиологической» эволюции пока еще остается непонятным. Например, разных аминокислот в лабораторных условиях получены сотни, а в построении

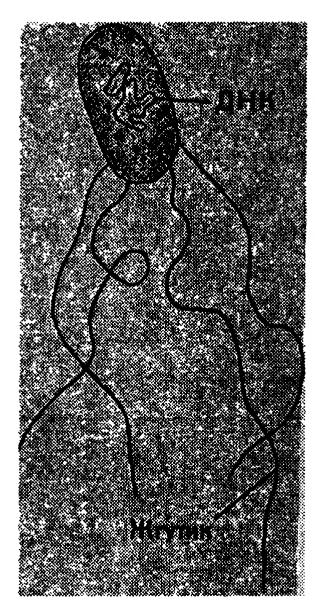
белков у нынешних живых организмов их участвует только 20 — почему? Эти аминокислоты существуют в двух конфигурациях, химики их называют «левыми» и «правыми»: в химических реакциях они получаются в равных соотношениях, а в белках обнаруживаются только «правые» — почему? Роль «записывающего устройства» для генетической информации была закреплена за одной из многих возможных нуклеиновых кислот, знаменитой ДНК (то есть дезоксирибонуклеиновой кислоты) — каким образом и почему? А ведь мы не затронули сложнейший механизм синтеза белков, в который вовлечены молекулы еще одной нуклеиновой кислоты, не менее знаменитой РНК (то есть рибонуклеиновой кислоты) — как он сложился? Вопросы, вопросы, вопросы...

И все-таки ответ на главный из них получен: именно таким образом и при таких условиях на Земле, скорее всего, образовались самые первые простейшие организмы. С них-то и началась биологическая эволюция.

ПЕРВЫЕ «КИРПИЧИКИ» ЖИВОГО

Образование живого организма стало действительно ключевым событием в развитии земной биоты. Именно на него выпала функция упорядочения тех потоков энергии, запасенных в органическом веществе, которые вовлечены во всеобщий круговорот на Земле.

Самыми первыми были одноклеточные организмы, очень похожие на бактерий. Эти микроскопические существа сохранились с тех древнейших времен до наших дней, так что мы можем воочию наблюдать, какова была жизнь на самых первых этапах ее становления. От коацервата бактерию отличает более сложное строение: есть **цитоплазма**, в которой протекают все процессы метаболизма; есть окружающие цитоплазму клеточные стенки; в цитоплазме есть особые тельца **рибосомы** — своеобразные внутриклеточные «фабрики белка»; наконец, есть свернутая в кольцо тоненькая ниточка ДНК, в которой «записана» вся генетическая информация об этом организме — так называемый **генотип.** Не менее важно было «изобретение» **ферментов:** эти органические молекулы, вне живой клетки неизвестные, служат катализаторами внутриклеточного метаболизма. С их участием биохимические реакции протекают в доли секунды, а без ферментов они длились бы годами.



Строение клетки у прокариот

Эти первые организмы овладели и настоящим **бесполым размножением:** они не просто

стали «распадаться» на части (у одних — вдоль, у других — поперек), но благодаря ниточке ДНК родительская клетка все свои свойства теперь передавала потомкам без потерь. Наконец, благодаря способности запасать энергию микроорганизмы научились двигаться не по воле стихий, а по своему усмотрению, у некоторых даже образовались для этого специальные «органы движения» — жгутики.

Самые примитивные из этих одноклеточных существ (оказывается, и среди первых есть примитивные), подобно коацерватным каплям, просто поглощали из «первичного бульона» сложные органические соединения и расщепляли их до более простых. Эти организмы были неспособны обходиться без веществ, созданных не ими самими, их называют **гетеротрофами** (запомните этот термин, он вам еще не раз встретится). Все они жили в среде без кислорода; напротив, как это ни трудно себе представить, для таких организмов свободный кислород был бы настоящим «ядом», поскольку разрушал бы их ферменты.

По мере того как микроорганизмы плодились и захватывали жизненное пространство, пищи для них становилось все меньше и меньше: скорости геохимического круговорота было недостаточно, чтобы «производить» нужные им сложные вещества в достаточном количестве. Тогда-то, наверное, впервые и возникла **«борьба за существование»** — та самая

борьба за пищевой ресурс, которая во многом определила пути всей последующей биологической эволюции.

Естественно, начались поиски новых источников энергии — и оказалось, что «питаться» можно не только органическими, но и простейшими минеральными веществами, самостоятельно строя из них потребную для жизни «органику». Так микроорганизмы первыми освоили биологический синтез углеводов и превратились в **автотрофов**. Понятно, что они получили значительные преимущества перед первичными гетеротрофами, поэтому к настоящему времени их сохранилось гораздо больше.

Первые «опыты» включения бактерий-автотрофов в общий круговорот веществ в природе были достаточно разнообразны. Основным «строительным материалом» для микроорганизмов стали углекислый газ и водород, а энергию для их «сшивания» в макромолекулы поставляли сера, метан, иногда даже соединения железа, то есть то, что более высокоорганизованные существа использовать совершенно не способны. В эволюции часто так бывает: она начинает с широкого поиска возможных путей развития, а потом останавливается на тех, которые оказались оптимальными, и вся дальнейшая специализация идет уже по этим «избранным» путям.

Именно такой путь нащупали **цианофиты:** они «освоили» **фотосинтез**, при котором для

Световая энергия

Вода + Двуокись углерода → Глюкоза + Вода + Кислород

Схема фотосинтеза

получения углеводов молекула углекислого газа соединяется с молекулой воды, а энергия черпается из... солнечного света. Для этого они «изобрели» молекулы **хлорофилла**, которые способны «отнимать» у падающего на них света кванты энергии и передавать их на внутриклеточный биохимический «конвейер», где собираются молекулы углеводов.

Что же это им дало? Во-первых, цианофиты стали использовать огромные запасы одного из самых распространенных веществ на Земле — воды. Во-вторых, они получили доступ к беспредельному количеству световой энергии, поступающей из Космоса. В-третьих, биохимические реакции, происходящие в клетке при фотосинтезе, дают значительно больше энергии, чем любые другие, обеспечивая более высокий уровень жизнедеятельности. Это все дало цианофитам огромные преимущества перед прочими видами бактерий. Но не только им, потому что, в-четвертых, — и это крайне важно — в результате метаболизма цианофитов стал выделяться свободный кислород.

...С этими «неравновесными» системами всегда так: маленькая причина приводит к

огромным по своим масштабам последствиям. Ну что, казалось бы, особенного: какие-то микроорганизмы научились извлекать энергию из солнечного света и запасать ее в несколько раз больше, а побочным продуктом их метаболизма стал кислород. Но все дело в том, что этот химический элемент сыграл в развитии жизни на Земле поистине выдающуюся роль. Именно появление кислорода создало предпосылки для развития высших форм жизни, без него вся планетарная биота так и оставалась бы по сей день «бактериальной».

Одной из таких предпосылок стало новшество, которое появилось в метаболизме живых организмов, — **дыхание**. Дело в том, что дыхание сопровождается выделением большего количества энергии в сравнении с брожением. И это стало своего рода «энергетическим трамплином» для эволюции более сложных организмов: ведь они просто не могли возникнуть на основе метаболизма, ограниченного брожением, не способного обеспечить их полноценное существование!

Появление фотосинтезирующих организмов, умеющих строить свое тело чуть ли не из воздуха, стало предпосылкой для развития «вторичных гетеротрофов», то есть живых существ, питающихся другими живыми же существами. С точки зрения все той же энергетики это оказалось чрезвычайно выгодным и, следовательно, было тут же подхвачено эволюцией:

появились самые разные одноклеточные, а затем и многоклеточные хищники. Действительно, много ли толку от «поедания» отдельных молекул? А тут сразу целый «винегрет» из самых разных необходимых для жизни органических веществ, которые кто-то заботливо собрал как будто специально для тебя...

Еще одной предпосылкой стало развитие озонового слоя вокруг земной атмосферы. Получился он в результате «бомбардировки» космическими лучами атомов кислорода, появившихся в атмосфере, и стал непробиваемой «броней» для этих же лучей. Живые существа оказались под надежной защитой от ультрафиолетового облучения. Благодаря этому жизнь в конечном итоге смогла покинуть свою «колыбель» — водную среду и освоить сушу.

Но вот парадокс: став предпосылкой для развития высших форм жизни, кислород уничтожил условия для возникновения низших ее форм. Ведь в результате был наложен «запрет» на протекание тех химических реакций, благодаря которым образовался «первичный бульон». Вот почему все опыты по зарождению жизни в пробирках были с самого начала обречены на неудачу: в них присутствовала кислородная атмосфера и не было исходных химических соединений. И этим мы также должны быть «обязаны» все тем же цианофитам: воистину, «мышь родила гору»!

Всякому развитию присуща инерция: проще развивать уже приобретенные свойства, нежели заниматься поисками каких-то новых. Это, конечно, ограничивает эволюционные возможности развивающихся систем, но зато служит определенной гарантией успеха по крайней мере на некоторое не слишком отдаленное будущее — ведь используется «продукт», уже прошедший испытание. Поэтому дальнейший ход эволюции живого организма представить себе достаточно легко: как бактерии «усовершенствовали» особенности строения и функционирования коацерватных капель, точно так же более высокоразвитые организмы сначала закрепили и приумножили те достижения, которые оказались посильны бактериальной клетке.

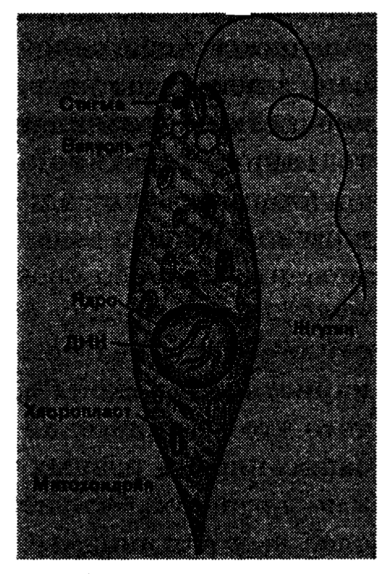
Прежде всего, вся «после-бактериальная» жизнь стала целиком и полностью «дышащей» и, следовательно, зависящей от кислорода. Но не только зависящей, но и производящей кислород. Ведь именно многоклеточные растения внесли наибольший вклад в накопление атмосферой того количества кислорода, который необходим для существования высших форм жизни — теплокровных животных.

Конечно же, важнейшей задачей эволюции стало дальнейшее совершенствование клетки — в первую очередь, ее усложнение на основе дифференциации частей, каждая из которых

отвечала бы за определенный «участок работы» одноклеточного организма. Здесь эволюция шла одновременно по нескольким основным направлениям, решая разные задачи.

Для начала, потребовалось повысить эффективность производства и накопления энергии в клетке. Это было достигнуто за счет формирования особых **органелл: в хлоропластах** сконцентрировался весь хлорофилл, а в **митохондриях** — рибосомы. Их появление долгое время было загадкой: уж очень необычно они вели себя при размножении, делясь вместе с клеткой, словно жили какой-то самостоятельной жизнью.

Совершенно неожиданный ключ к отгадке дало обнаружение в каждой из этих органелл молекулы ДНК, в митохондриях к тому же свернутой в кольцо. Вы помните, у кого есть такая молекула? Конечно же, у бактерий. И теперь считается, что эти важнейшие для жизнедеятельности клетки органеллы некогда были самостоятельными бактериальными клетками. А потом несколько



Строение клетки у эукариот

разных «микроклеток» объединились в одну «суперклетку» и каждая из них взяла на себя определенную функцию. Как видите, эволюция не тратит зря времени на поиски каких-то новшеств, если есть возможность использовать «подручный материал», полученный на каком-то из предшествующих ее этапов.

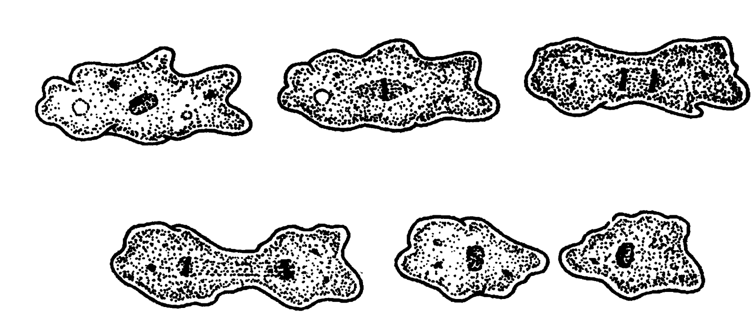
Важнейшим событием стало обособление **ядра**, содержащего почти весь генетический материал клетки. При этом отдельные нити ДНК «обросли» защитной белковой оболочкой, в результате чего образовались **хромосомы**. Благодаря этому была повышена надежность как хранения генетической информации, так и передачи ее от родительского организма к дочерним. Как вы думаете, не является ли и ядро «потомком» еще одной бактериальной клетки, вошедшей в состав вновь формируемой «суперклетки», взявшей на себя роль «хранительницы» **генотипа**?

Формирование ядра оказало столь сильное влияние на всю жизнедеятельность организмов, что провело своего рода «демаркационную линию» между бактериальной **прокариотной** (то есть не имеющей ядра) клеткой и **эукариотной** клеткой с ядром. В частности, из-за того что генетическая информация оказалась записанной в разных хромосомах, эукариотные организмы выработали особые, довольно сложные механизмы клеточного деления — **митоз и мейоз**, в которых особая роль отведена именно «воспроизведению» хромосом. Митоз

надежно гарантирует, что все потомство родительской клетки получает один и тот же хромосомный набор и тем самым унаследует полностью всю ее генетическую информацию. А мейоз стал составной частью **полового размножения**, присущего всем высоко организованным существам.

Так постепенно в ходе долгой эволюции возник эукариотный **одноклеточный** организм. Впрочем, как вы понимаете, «одноклеточным» его можно считать лишь с определенной натяжкой: ведь фактически это «суперклетка», «собранная» из несколько наиболее просто устроенных прокариотных клеток.

На этом этапе развития живого одним из величайших достижений биологической эволюции стало «изобретение» **пола** и полового размножения. Самые первые организмы унаследовали от коацерватных капель простое клеточное деление — бесполое размножение. От них оно перешло и к более высокоразвитым животным: даже для некоторых



Размножение амебы делением

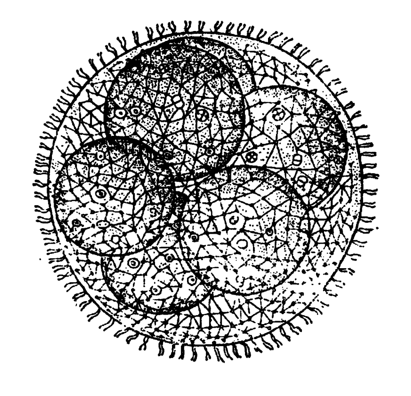
червей способность «делиться» составляет важную часть их жизненного цикла. А уж про растения и говорить не приходится — те с легкостью могут плодить потомство черенкованием и из корневых отпрысков. Но среди животных именно половое размножение по мере повышения уровня их организации становилось основным: у высших беспозвоночных и позвоночных животных оно — единственный способ воспроизводства.

Все это было потом. А пока совершенствование «кирпичиков» живого пошло по уже проторенному пути: усложнение за счет сначала объединения, а потом дифференциации отдельных клеток. В результате получился истинный **многоклеточный** организм, состоящий из множества клеток — от нескольких тысяч до нескольких миллионов, каждая со своим набором органелл.

Поскольку в эволюции никогда не бывает «все сразу», становление многоклеточного организма из одноклеточного тоже происходило постепенно. И оказывается, до настоящего времени в природе в полном здравии существуют «переходные» формы, их легко отыскать и понаблюдать за ними.

В небольших озерцах и прудах летом, если зачерпнуть воды в стакан, можно набрать всякой мелкой живности. Среди прочих там наверняка окажутся подвижные зеленоватые шарики с булавочную головку — **вольвоксы.** Хотя в естественной системе живой природы

их место — среди одноклеточных жгутиковых, на самом деле они состоят из многих клеток, связанных между собой тонкими цитоплазматическими мостиками: по сути это не что иное, как колония одноклеточных организмов. Наружный



Вольвокс

слой шарика составляют клетки со жгутиками: в их обязанности входит передвигать всю колонию. На одном из «полюсов» шара у многих клеток есть особые светочувствительные «глазки»-стигмы: этот «полюс» обозначает переднюю часть колонии. На противоположном «полюсе» находится несколько крупных клеток, назначение которых — размножаться: они дают начало новым колониям вольвокса.

Как видно, это почти уже некое подобие организма, состоящего из многих клеток, к тому же с зачатками «разделения обязанностей» между разными его членами. Налицо объединение клеток в единое целое, их начальная дифференциация в соответствии с выполняемыми функциями, да и все «тело» вольвокса приобретает начатки деления на передний и задний отделы. Теперь нужно было просто «закрепить» эти эволюционные новации: сделать эту дифференциацию более глубокой и постоянной.

Следующей ступенью развития настоящего многоклеточного организма стало образование двух отделов его тела — переднего и заднего у животных или верхнего и нижнего у растений. Клетки, выполняющие определенные функции, объединились в **ткани**, а весь организм оказался подразделенным на **органы**, которые, «единолично» или объединившись в **системы органов** (например, проводящая, дыхательная и т.п.), взяли на себя полное обеспечение этих функций.

Но ведь ясно, что сами по себе эти органы существовать не могут. В результате живой организм, как это и «полагается» сложной системе, постепенно стал не только более дифференцированным, но и более интегрированным: одно без другого невозможно.

Начиная с этого этапа пути развития многоклеточных растений и животных навсегда разошлись. Причиной стало то, что растения «предпочли» оставаться неподвижными, закрепленными на субстрате, тогда как животные совершенствовались во всем, что связано с подвижным образом жизни. Соответственно этому характер и глубина перестройки растительных и животных организмов оказались разными.

ВРЕМЯ ЖИЗНИ

За недолгую историю изучения Земли возраст нашей планеты «менялся» неоднократно, причем каждый раз в сторону увеличения.

Поначалу годков ей насчитывалось всего-то несколько тысяч: так гласила библейская легенда. В середине XIX столетия физики отмерили Земле уже несколько десятков миллионов лет, а к началу XX столетия ее возраст «перевалил» за миллиард. В настоящее же время исследователи утвердились в цифре — даже страшно подумать о таком невообразимо древнем возрасте — в 4,6 миллиарда лет.

В таком огромном масштабе времени вполне «приличный» отрезок отведен и для жизни — около 3,4 миллиарда лет. Именно таким возрастом датируется появление первых следов жизнедеятельности микроорганизмов — так называемых **строматолитов.** Легко подсчитать, что после образования планеты на зарождение жизни потребовалось более 1 миллиарда лет. Это было в **архейскую эру.** Возникновение же «полноценных» одноклеточных организмов — протистов отделено от нашего времени 2,5 миллиарда лет. Вот вам еще почти один миллиард лет, который понадобился эволюции для преодоления очень важного рубежа в развитии жизни на Земле.

Долгие, бесконечно долгие времена протекли, пока не появились первые морские многоклеточные животные и растения: самые ранние остатки **кишечнополостных** и **водорослей** обнаружены в геологических породах, сформировавшихся около 1 миллиарда лет назад в **протерозойскую эру.** Конечно, проще устроенные многоклеточные вроде губок наверняка

Развитие жизни на Земле

Эры	Периоды	Время до наших дней, млн лет	Длительность, млн лет	Характеристика жизни
Кайнозой	Четвертичный	До 3	3,0	Возникновение
	Неоген	27	24	Возникновение современных семейств млекопитающих. Формирова- современной флоры
	Палеоген	67	40	Расцвет млекопитающих птиц
Мезозой	Мел	137	70	Развитие цветковых растений и насекомых. Вымирание многих рептилий
	Юра	195	58	Господство рептилий на суше, в воде и воздухе. Возникновение покрытосеменных и птиц
	Триас	230	35	Расцвет рептилий. Распространение голосеменных. Появление первых млекопитающих
Палеозой	Пермь	285	55	Появление голосеменных. Распростренение рептилий
	Карбон	350–360	65–75	Распространение лесов. Расцвет амфибий. Появление летающих насекомых. Возникновение рептилий

Эры	Периоды	Время до наших дней, млн. лет	Длительность, млн лет	Характеристика жизни
Палеозой	Девон	410	60	Господство разных групп рыб. Возникновение насекомых и амфибий. Появление лесов из папоротников, мхов и плавунов
	Силур	440	30	Выход растений и беспозвоночных на сушу
	Ордовик	500	60	Появление первых позвоночных — бесчелюстных
	Кембрий	570	70	Развитие беспозвоночных. Появление высших растений
Протерозой		>2600	>2000	Появление эукариот, многоклеточных растений и животных
Архей		>3500	>900	Зарождение жизни. Появление прокариот. Господство бактерий и сине-зеленых

возникли раньше кишечнополостных. Но все-таки будем придерживаться строгих фактов, зафиксированных в «палеонтологической летописи», и на время появления примитивных многоклеточных организмов положим полтора миллиарда лет.

Итого получаем: первые одноклеточные и многоклеточные организмы разделены более чем двумя миллиардами лет. А весь остальной «путь» был проделан за вдвое более короткий

срок. Чем же объясняется такой «неспешный» ход эволюции жизни в самом ее начале?

Одна из причин заключается, конечно же, в сложных перестройках организации примитивных живых существ. Сначала нужно было создать полноценную клетку, потом несколько таких клеток объединить в многоклеточный организм. Затем этот организм постепенно становился все более сложным, дифференцированным, разные клетки и ткани в нем стали специализироваться на выполнении разных функций.

Но была еще одна не менее важная причина. Как вы помните, на Земле поначалу практически нечем было дышать. Поэтому почти все бактерии необходимую для их жизнедеятельности энергию получали, расщепляя простейшие химические соединения в отсутствие кислорода. В таких условиях более сложные животные просто не могли зародится. И только после появления цианофитов и водорослей, сумевших с помощью хлорофилла заставить на себя «работать» солнечный свет, в моря, а оттуда и в атмосферу стал понемногу поступать кислород. Представляете, сколько же должно было пройти



Древнее морское дно

времени, прежде чем вода и воздух на Земле наконец стали «животворными»?

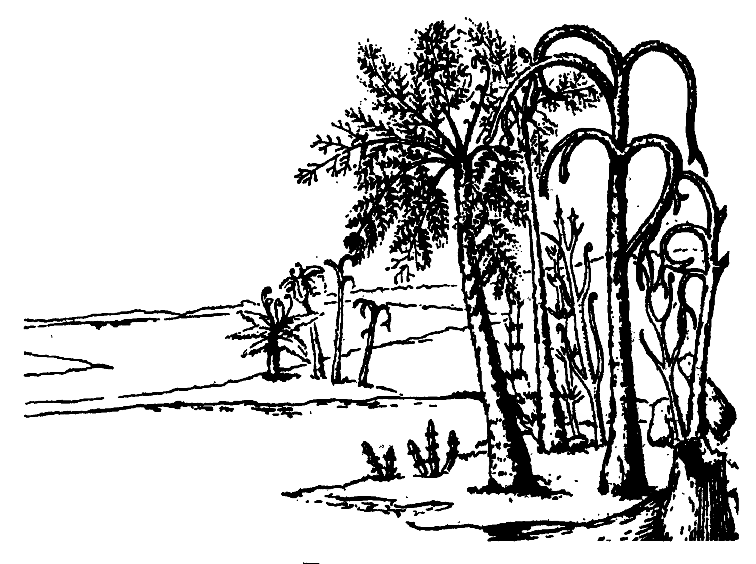
Критический рубеж оказался преодоленным, когда кислорода накопилось около одного процента в сравнении с нынешним: теперь уже можно было переходить к энергетически более выгодному «кислородному» обмену веществ. Случилось это 600 миллионов лет назад, в **вендскую эру**. Конечно, ни одно теплокровное животное тогда еще не смогло бы выжить, но для более низко организованных существ хватало и столь ничтожного количества кислорода.

Дальше дело пошло заметно быстрее. На то, чтобы возникли почти все типы многоклеточных со вторичной полостью тела — моллюски, иглокожие, членистоногие, кольчатые черви, — природе понадобилось чуть менее полумиллиарда лет. Это был **кембрийский период**, с которого началась **палеозойская эра**. Первая ее половина была временем «морской жизни»: ведь в то время вокруг Земли еще не было защитной озоновой оболочки, без которой, как вы помните, полноценная жизнь на суше просто не смогла бы возникнуть. Почти 160 миллионов лет беспрерывного труда водной растительности потребовалось для насыщения атмосферы кислородом, достаточным для создания озоновой защиты. Но как только содержание кислорода стало приблизительно вдесятеро больше, чем в венде (а случилось это 400 миллионов лет тому назад), сухопутная жизнь не заставила себя ждать.

Сначала на Земле зашумели первые леса из древовидных хвощей, плаунов и папоротников, с их появлением — произошло это в **девоне** — уровень кислорода довольно быстро (конечно, по историческим меркам) достиг современного. И вот уже через «каких-то» 50 миллионов лет, к началу **каменноугольного периода**, на суше появились насекомые, пока еще нелетающие, и амфибии. Вдвое больше — около 110 миллионов лет — понадобилось для завоевания Земли более приспособленными к жизни вне воды голосеменными растениями и рептилиями, еще не очень многочисленными. Все они, конечно, зародились несколько раньше, но начало их рацвета приходится на **триасовый период**. И не зря **мезозойскую эру**, которая как раз открылась этим периодом, называют «эрой рептилий»: **динозавры** и другие родственные им гигантские ящеры были истинными владыками суши почти все 160 миллионов лет, пока длился мезозой. Но около 100 миллионов лет назад — в середине **мелового периода**, завершающего эту эру, — облик жизни на Земле в очередной раз существенно изменился: из растений на передний план



Отпечаток ископаемой морской звезды



Древний лес

вышли покрытосеменные, а вымирающих рептилий сменили млекопитающие и птицы. И вскоре после этого началась **кайнозойская эра**, которую назвали «эрой млекопитающих».

А теперь представим себе некий «циферблат истории», на котором все время существования жизни на планете Земля — те самые миллиарды лет — поделено на 12 «часов». Пустим эти необычные «часы» и посмотрим, как бежит по циферблату «часовая стрелка», отмечая основные события в эволюции живого.

Одноклеточные эукариотные организмы с настоящей клеткой, содержащей ядро и органеллы, появились через три с небольшим «часа» после того, как «стрелка» начала свой отсчет. К моменту появления примитивных

многоклеточных организмов она прошла по «циферблату истории» еще почти 5 «часов», оставив за собой три четверти круга. Более развитые животные с так называемой вторичной полостью тела возникли еще через полтора «часа», а стрелка показала, что время существования жизни — уже около 10 «часов». К моменту завоевания суши высокоразвитыми живыми организмами «натикало» еще чуть больше «часа», «стрелка» оказалась где-то между 10 и 11 «часами». Когда же на суше стали господствовать млекопитающие и покрытосеменные растения, наши «часы» уже показывали около половины двенадцатого.

Как видите, историческое развитие биоты чем-то напоминает путь прыгуна: сначала медленный разбег, потом ускорение и наконец резкий прыжок. Таким «разбегом» как раз и была долгая кропотливая деятельность первых фотосинтезирующих организмов по созданию условий для появления более высокоразвитых существ. А затем последовал «прыжок» — резкое увеличение многообразия животных, которые стали потребителями энергии, запасаемой растениями в форме разных органических соединений, которые эти растения сами же и производили.

Это один из самых общих законов развития. И он «управляет» историей не только биоты в целом, но и отдельных групп организмов. Например, в долгой эволюции класса млекопитающих две трети времени приходятся

именно на медленный «разбег» длиной почти в 150 миллионов лет: ведь первые звери появились более 200 миллионов лет назад в конце **триасового периода**. Но к этому времени на суше царили динозавры, которые успели прежде млекопитающих совершить свой эволюционный «прыжок». А когда к концу мелового периода вымирание динозавров освободило на Земле огромное «жизненное пространство», млекопитающие словно дождались своего часа и за какой-то десяток миллионов лет заполнили все опустевшие экологические ниши.

Но самый резкий рывок в эволюции случился около трех миллионов лет назад. За этот короткий отрезок времени произошло воистину глобальное по своим последствиям событие в истории жизни на Земле. Именно в то время — оно называется **четвертичной эпохой**, последней в кайнозое — возник человек, деятельность которого стала одним из сильнейших геохимических факторов, определяющих лицо всей планеты Земля, всей ее биоты. И случилось это на последней «секунде» бега эволюционной «стрелки» по «циферблату истории»...

ФЕНОТИП И ГЕНОТИП

Вы уже усвоили, что всякая сложная система, к тому же неравновесная, по мере своего развития «стремится» к дифференциации и интеграции (одного без другого не бывает)

частей. Даже одноклеточные организмы, казалось бы, устроенные очень просто (как тут не вспомнить, что их официальное название — протисты, т.е. «простейшие»), на самом деле представляют собой сложную систему различных органелл, каждая из которых предназначена для выполнения определенной функции.

Одним из важнейших аспектов такой дифференциации–интеграции является «расчленение» живого организма на две «компоненты». Одну из них составляет все то, что ответственно за жизнедеятельность организма, — цитоплазма, всевозможные органеллы в ней, клеточная оболочка, межклеточное вещество и так далее. Это **фенотип**, то, что мы воочию наблюдаем, когда рассматриваем то или иное животное или растение, изучаем строение частей тела, органов и клеток, когда анализируем протекающие в них биохимические и физиологические процессы, да и поведение. Другая составляющая — уже известный вам **генотип**, полная «инструкция» о всех жизненных отправлениях организма в целом и каждой из его клеточек, каждой биохимической реакции, каждой особенности поведения. Хранится эта «инструкция» в виде молекулы (или нескольких молекул) ДНК — это название вам также уже знакомо.

Эта «двухкомпонентность» кирпичиков живой материи сложилась на самых первых этапах развития биоты, проведя невидимую

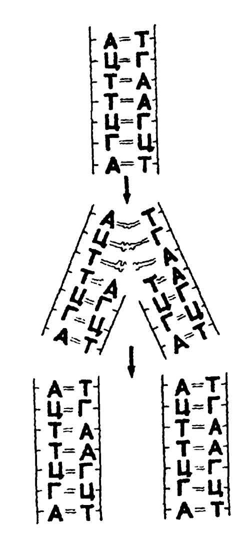
«границу» между предбиологической и биологической эволюцией. Конечно же, этот переход случился не вдруг: наверняка происходило долгое, методом проб и ошибок, определение оптимального устройства «вещества памяти». При этом выяснялся состав макромолекулы ДНК, способы ее «упаковки», кодирования генетической информации, ее считывания и, что особенно важно, передачи по наследству.

Таким образом, на эту макромолекулу была возложена сложная и невероятно ответственная функция не только хранения генетической информации, но и передачи ее с минимальными искажениями из поколения в поколение. Поэтому иногда ДНК называют «молекулой наследственности». Так что от того, насколько успешно молекула ДНК с этой задачей справлялась, в большой мере зависело будущее всей только-только нарождавшейся жизни на Земле. И, надо полагать, она справлялась с ней блестяще, порукой чему — все многообразие мира живых организмов, каждый из которых, чем бы он ни отличался от прочих, несет в себе ту же ДНК, которая присутствовала уже и в самых простейших клетках.

Наверное, можно гадать о том, что теоретически возможен какой-нибудь иной, даже лучший способ хранения, переработки и передачи генетической информации. Но история не знает сослагательного наклонения: мы имеем то, что имеем, а то, что могло бы быть... Вот откроют когда-нибудь иную жизнь где-нибудь в

отдаленном уголке нашей или другой Галактики, тогда и посмотрим, чье «наследственное вещество» лучше. А пока давайте вкратце разберемся, что же это за чудо природы такое — молекула ДНК — и как она работает.

Ее составляют четыре нуклеотидных основания — **аденин, тимин, цитозин и гуанин**; при написании формулы ДНК они обозначаются первыми буквами своих названий: **А, Т, Ц, Г.** В одной макромолекуле ДНК их может быть от нескольких сотен до нескольких миллионов. Эти основания собраны так, что получается длинная цепочка. Последовательность оснований в цепочке и образует так называемый **генетический код** — как раз то, что содержит информацию о строении и функционировании живого организма. Это очень похоже на текст книги: ведь он тоже представляет собой некий код, в котором «зашифрована» полезная информация — разумеется, полезная для тех, кто знает «ключ» к этому коду и, пользуясь им, сможет прочитать текст и понять его смысл.



Двойная цепочка ДНК

В роли отдельных «букв» алфавита, из которых составлен весь этот «текст», выступают тройки нуклеотидных оснований — **триплеты.** В

них закодированы определенные аминокислоты, из которых в клетках строятся белковые молекулы. А «слова» текста генетического кода — это **гены**: они хранят информацию о целых молекулах, той или иной детали строения организма, особенностях его поведения, то есть о всем том, что мы называем «фенотипическими признаками». Особенность гена состоит, может быть, лишь в том, что буквы в слове привычного нам текста обязательно следуют одна за другой, а триплеты, относящиеся к одному гену, могут быть «встроены» в разные участки макромолекулы ДНК, иногда даже в разные хромосомы.

Обратите внимание: в хранении и считывании генетической информации принимает участие только одинарная цепочка нуклеотидов. Но в каждой клетке имеется двойная цепочка ДНК, к тому же свернутая в спираль. Для чего же природа «придумала» столь сложный способ упаковки носителя генетической информации, неужели просто для повышения надежности генетического кода? Нет, такое строение ДНК обеспечивает еще одну функцию — передачу этой информации от родительской к дочерним клеткам, то есть, проще говоря, **наследственность**. Чтобы разобраться, как это происходит, придется залезть поглубже в строение «вещества наследственности».

Дело в том, что цепочки двойной спирали ДНК являются «комплементарными»: сей

высоконаучный термин означает, что одна цепочка является своего рода «отражением» другой. Подобное строение получается за счет того, что нуклеотидные основания цепочек ДНК могут группироваться только строго попарно: **А–Т** и **Г–Ц**. Поэтому если в одной цепочке в каком-то месте сидит аденин, то напротив в противолежащей цепочке обязательно будет находиться тимин, и наоборот. Соответственно, точно так же попарно связаны между собой гуанин и цитозин.

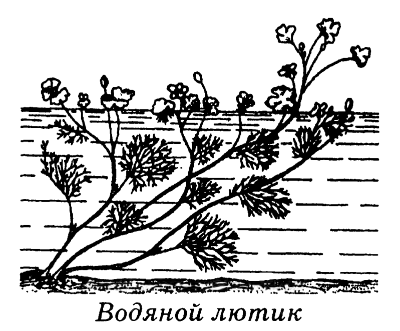
Каким же образом такое строение ДНК обеспечивает наследование генетической информации? Оказывается, нет ничего проще. Перед делением клетки двойная спираль этой гигантской молекулы «распускается» словно косичка, так что каждая цепочка оказывается на какое-то время как бы свободной от своего «партнера». К ней тут же подтягиваются находящиеся в цитоплазме свободные нуклеотидные основания и выстраиваются супротив нее в новую цепочку в строгом соответствии с «правилом комплементарности». Наверное, вы уже догадались, что это значит: вновь получающиеся цепочки оказываются идентичными копиями тех, которые прежде входили в исходную двойную спираль. Теперь каждая из этих новых пар «зеркальных» цепочек свивается в новую двойную спираль, а в результате в делящейся клетке оказываются две идентичные сдвоенные молекулы ДНК. После этого они благополучно расходятся по дочерним клеткам, каждая из которых получает один и тот же генотип.

Но ведь мы отлично знаем, что потомки не идентичны своим предкам, да и между собой они не полностью сходны. Значит, такой способ передачи генетической информации не гарантирует от ошибок? И да, и нет. С одной стороны, конечно, при достраивании комплементарных цепочек бывают те или иные «сбои». Это **мутации**, играющие очень важную роль в эволюции организмов. Но с другой стороны, организмы живут не в «вакууме», где все одинаково: условия их существования могут быть очень и очень разными, в результате чего одна и та же генетическая информация может быть реализована в фенотипических признаках по-разному. Посмотрите на елку, выросшую в густом лесу или на открытом месте, — разительная несхожесть, не правда ли?



Ель, выросшая на открытом месте и в лесу

Способность организма по-разному «переводить» закодированную в ДНК информацию в особенности строения той или иной морфологической структуры может даже становиться частью его приспособительных реакций на те или иные условия обитания. Например, у водяного лютика листья, растущие над водой, типичного для его наземных сородичей


Водяной лютик

«пальчатого» строения, а подводные — перистые, как у водоросли **хары**. Очевидно, что эта способность тоже «заложена» в генетическую информацию. Поэтому правильнее считать, что в генотипе содержатся «инструкции» не о конкретных признаках, а о том, какими эти признаки будут в тех или иных условиях среды, то есть **«норма реакции»** организма на изменения среды обитания. И это очень важно: если бы для живых существ их генетическим кодом не была предусмотрена возможность приспосабливаться к конкретным жизненным обстоятельствам, так или иначе изменяя свое строение, то, наверное, и эволюции не было бы...

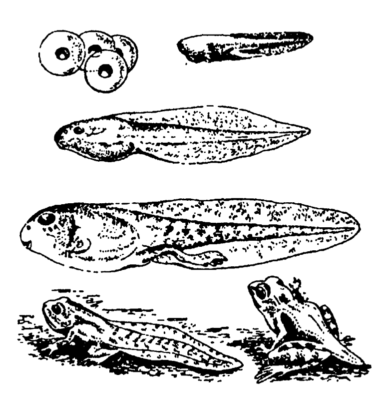
КРАТКОЕ ПОВТОРЕНИЕ ПРОЙДЕННОГО

Среди загадок, которые живая природа щедро рассыпает перед изумленными естествоиспытателями, одна из самых непонятных — **онтогенез**, то есть индивидуальное развитие многоклеточного организма. Как совершенно справедливо подметили древние мудрецы, «все живое — из яйца». Мы настолько привыкли к этому, что не задумываемся над тем,

насколько сложны процессы, в результате которых из единственной оплодотворенной яйцеклетки получается новое живое существо, со всеми его клетками, тканями и органами. Ведь они так похожи поначалу, эти зародышевые клетки, разве что по числу хромосом их можно различить. Но вот поди ж ты: из одной получается могучий дуб, из другой — прекрасная бабочка, из третьей — разумное человеческое существо.

Как вы уже знаете, вся информация о строении взрослого организма закодирована в его **генотипе**. Это так, да не совсем: на самом деле это информация не просто о строении, а о том, каким способом его достичь, то есть о всем процессе онтогенеза. И вот тут-то кроются, пожалуй, одни из самых сокровенных тайн живых существ.

Наберите весной в пруду немного лягушачьей икры, поместите ее в аквариум и понаблюдайте за изменениями, которые происходят в икринках. Сначала внутри каждой из них появляется черная точка. Потом, немного увеличившись в размерах, она превращается в «запятую» — крохотное тельце с хвостиком. Пройдет совсем немного времени, и «запятая» начнет понемногу шевелиться, дергать хвостом — и вот в один прекрасный момент она разрывает покровы икринки и попадает в воду. В этом самом «детском» возрасте лягушачья личинка более всего напоминает, пожалуй, малька какой-нибудь небольшой рыбки:



Онтогенез лягушки

ног нет, так что плавать головастик может только с помощью хвоста. Чтобы убедиться в сходстве, посмотрите, как выглядит рыбий малек после вылупления из своей икринки: если размеры лягушачьей и рыбьей икры будут одинаковы, то и «новорожденных» вы едва ли сходу различите. И только через несколько дней у головастика отрастают конечности, а еще позже «рассасывается» хвост и личинка-головастик превращается в лягушонка.

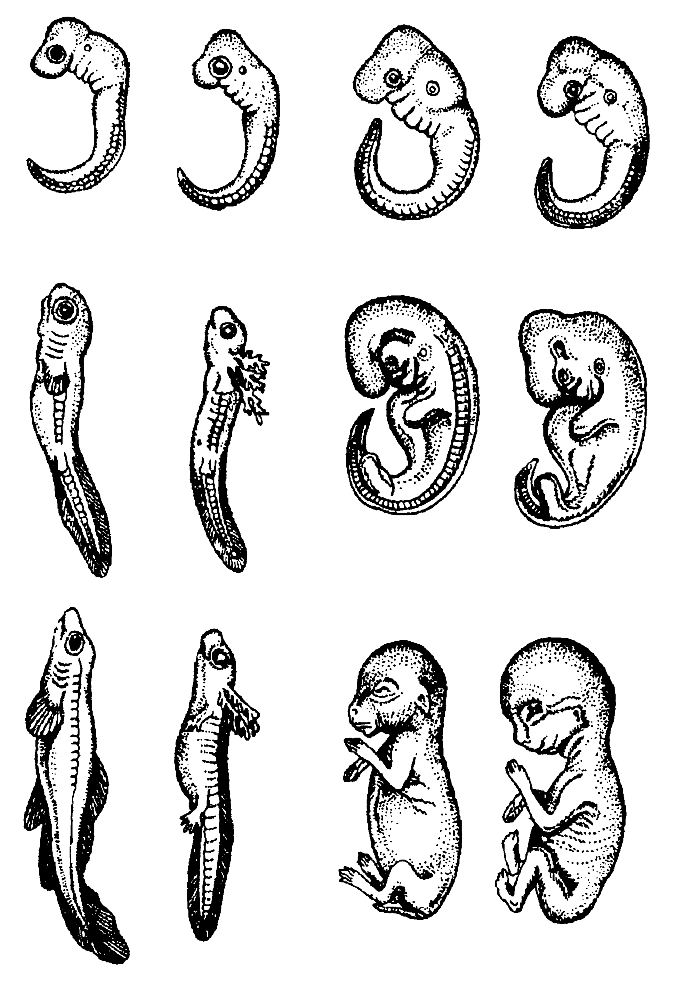
А ведь это только «поверхностное» сходство. Если изучить тонкое строение тела зародышей млекопитающих, то откроются еще более удивительные особенности. Оказывается, все они на какой-то стадии развития напоминают все тех же рыб: безногие, зато с хвостом и с... жаберными щелями. Даже человек, «венец природы», не составляет исключения: у человеческого эмбриона чуть ли не до месячного возраста сохраняется... хвост.

То, что вы только что наблюдали, — действие закона, открытого в начале XVIII столетия: на ранних стадиях онтогенеза разные организмы больше схожи между собой, нежели во взрослом состоянии. Казалось бы, что здесь

такого? Но на самом деле этот «закон» послужил началом настоящей революции в понимании того, как развиваются животные и как их индивидуальное развитие — **онтогенез** — соотносится с развитием историческим — **филогенезом**. Впрочем, понадобилось еще несколько десятилетий исследований и размышлений, более того, понадобилась эволюционная идея для того, чтобы родилась новая, более общая формула этого «закона»: чем раньше стадия онтогенеза, тем больше у развивающегося организма предковых признаков.

Ученые любят свои открытия облекать в краткую форму, зачастую афористическую: вот почему идеалом четкости и краткости изложения идей нередко считаются математические формулы. И правда, знаменитая формула Эйнштейна, выражающая закон взаимопревращения вещества и энергии, производит большое впечатление, не так ли? Так вот, закон индивидуального развития, о котором здесь идет речь, знаменитый немецкий анатом Э. Геккель в XIX столетии облек в афоризм: *онтогенез есть краткое повторение филогенеза*. Это «повторение» было названо **рекапитуляцией**.

Что же получается? Выходит, что в генотипе «записаны» признаки всех тех предковых форм, которые в конечном итоге привели к современным организмам. Раз в филогенезе лягушки, овцы и человека были когда-то общие



Рекапитуляция (слева направо: рыба, тритон, крыса, человек)

рыбьи предки, то в их генотипах «записаны» рыбьи признаки, да не просто записаны, а непременно «воспроизводятся» на определенном этапе их онтогенеза. Вот почему на самых ранних

стадиях индивидуального развития их зародыши почти неразличимы: люди, как и лягушки, в какой-то момент своей жизни по сути еще являются «рыбами», признаки их более прогрессивного строения проявятся только позже. И вот почему эмбрионы овцы и человека более сходны друг с другом, чем с головастиком лягушки: у них было больше общих предков, так что и «общей памяти», записанной в генотипе, у них больше.

Итак, многоклеточный животный организм «помнит» всю (или почти всю) свою предысторию, начиная с того момента, когда его предок был одной-единственной клеткой. Невероятно глубокая и обширная «память», не правда ли? Возникает же она вследствие того, что каждый новый признак, приобретенный в эволюции, не «отменяет» все предыдущие, а как бы «накладывается» на них, в результате получает нечто вроде «слоеного пирога». Это и служит предпосылкой рекапитуляции: генетическая информация по мере индивидуального развития последовательно считывается с каждого «слоя», начиная с самого древнего. Сначала формируется многоклеточный «пузырь» наподобие вольвокса, потом образуется «червяк», затем он превращается в «рыбку», а в конце концов образуется или тритон, или крыса, или человек. Это уже зависит от того, каким был завершающий этап эволюции данного организма.

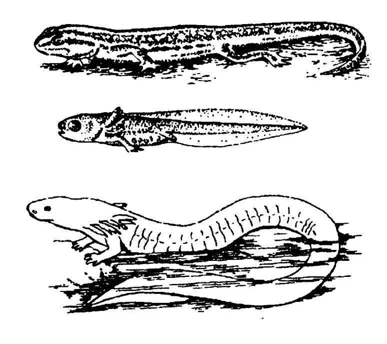
Между прочим, понимание такого хода индивидуального развития и открытие рекапитуляции позволили прояснить одно древнее

суеверие. Давно было известно, что у взрослых животных изредка появляются признаки, характерные для их предков. Например, жеребята иногда родятся с небольшими дополнительными копытцами, а ведь предки лошадей были именно трехпалыми. Такие вдруг «проснувшиеся» древние признаки — их называют **атавизмами** — лучше всего изучены у человека: иногда на свет появляются «волосатые» люди и «хвостатые» люди, в средние века они считались воплощением злых духов и безжалостно уничтожались. Но, как теперь ясно, атавизмы возникают просто потому, что у того или иного организма предковый «слой» онтогенеза почему-то не был заменен более поздним и сохранился во взрослом состоянии.

Как вы поняли, «память», заложенная в генотипе, управляет всем ходом индивидуального развития. Поэтому можно сказать и так: филогенез опосредованно, через «помнящий» о нем генотип, «управляет» онтогенезом. То есть прошлое в какой-то степени определяет настоящее, а через него отчасти и будущее. И это одно из глубинных свойств процесса развития всяких достаточно сложных систем: недаром же их называют «жертвами собственной истории» (мы еще раз вернемся к этому в отдельной главе).

Но и онтогенез способен «управлять» филогенезом. Происходит это за счет того, что изменение хода индивидуального развития может повлечь за собой и изменение характера эволюционной специализации. Например, в

тропических болотах Флориды живет хвостатая амфибия сирен. Это отдаленный родственник нашего тритона, но напоминает он не взрослую его особь, а его личинку-переростка. Что же произошло с предком сирена? Наверное, его живущие в воде личинки, с крохотными ножками и снабженные наружными перистыми жабрами, вдруг «решили» не превращаться во взрослый организм, а навсегда остаться в воде. Скорее всего, там условия были благоприятнее, чем на суше. Все, что им нужно было, — научиться размножаться еще в личиночном возрасте, что они с успехом и проделали. Таким образом, «затормаживание» онтогенеза привело к **неотении**: личиночные признаки стали нормой для взрослого организма. А это подтолкнуло эволюцию сирена в другом направлении: по образу жизни это животное из земноводного превратилось в чисто водное.



Тритон, его личинка и сирен

ЗНАКОМЬТЕСЬ: БИОТА...

Итак, живые организмы, которые все более усложнялись и приобретали особый характер индивидуального развития, «воспроизводящего»

их историю, стали теми элементарными «кирпичиками», из которых складывается обиталище всего живого — **биота**. Но если при возведении человеческого жилища сначала изготавливаются кирпичи, а потом уже из них строится дом, то биота развивалась одновременно с развитием самых первых организмов: их зарождение из коацерватных капель и означало, что на Земле уже появилась биота. Впрочем, есть и аналогия: как при постройке обычного дома, чтобы он был прочным, кирпичи сцепляют цементом, так и в биоте все организмы связаны между собой в единое целое сложными связями. Самое замечательное, что эти связи даже можно наблюдать.

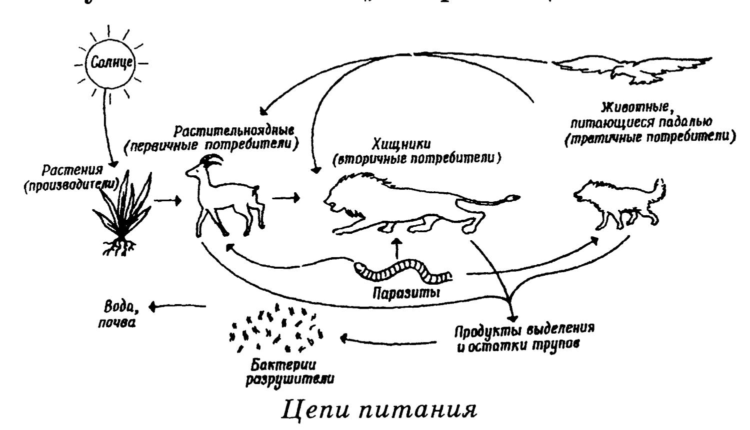
В летней день, если спокойно посидеть на опушке леса, можно подглядеть занятные картинки из живой природы. Вот колышется на ветру листок дуба: вы уже знаете, что он — не «просто так», он поглощает солнечный свет и производит многие органические соединения. Вот на него заползла гусеница бабочки и стала быстро-быстро обгрызать край листа. Неподалеку устроилась тля и, запустив в толщу листовой пластинки хоботок, сосет оттуда живительные соки. Вот к тле подбежал муравей и слизнул с нее капельку «медвяной росы». Вот прилетела птичка-синичка и склюнула гусеницу, а заодно и муравья, не успевшего укрыться на тыльной стороне листа. Но и синице не повезло: увлекшись охотой, она не заметила шустрой куницы, которая выпрыгнула из

гущи ветвей и настигла пернатую хлопотунью, только перышки полетели. Под дубом в земле копошится червяк, стараясь утащить в свою норку листочек, оброненный дубом прошлой осенью. А между корнями дерева мышка-норушка в подземном жилище устроила склад из желудей, которыми ее щедро одарил все тот же дуб. Хищная куница тем временем отобедала пичугой и убежала дальше по своим делам, беззаботно обронив вниз остатки трапезы: к ним тут же прилетел жук-мертвоед — вдруг найдется что-нибудь съедобное. Мимо пробежала суетливая невеличка-землеройка, всюду суя свой длинный нос: она и червяка ухватила, и жука попробовала «на зубок». А потом за птичьи останки всерьез принялись микроорганизмы, чтобы «разбить» их на составные молекулы; впрочем, и вся прочая живность: и жук, и землеройка, да и куница — все-все достанется им рано или поздно.

Итак, все проявления жизненных связей, которые мы только что видели, можно свести к тому, что кто-то кого-то скушал: началось все с дубового листочка, который перешел в желудки гусеницы и тли, которые перешли в желудок синицы, которая перешла в желудок куницы и так далее. А кончилось все бактериями. Выстраивается нечто вроде цепочки или, скорее, даже нескольких цепочек (был еще червяк с листочком, которого съела землеройка), они ветвятся, пересекаются, сливаются... По ним как бы «прокачиваются» через биоту

«потоки» (Опять потоки! Вспомните самое начало главы...) энергии, заключенной в органических веществах, которые были получены с помощью солнечной энергии в зеленых листьях из углекислоты и воды (с «минеральными добавками»).

Вот эти **«пищевые цепочки»** и есть тот цемент, который скрепляет все огромное здание биоты. Их устройством во многом определяется то, как организованы сообщества живых существ. Самое первое «звено» всей цепочки, образно говоря, — лист. Хотя в лесу самых разных растений с листьями очень и очень много, все они в биоте выполняют одну и ту же функцию — производят органическое вещество. За это их называют **продуцентами**. Следующее «звено» образовано животными-поедателями. Они ничего не производят, а только потребляют вещество и энергию, припасенные растениями, пожирая их и друг друга. За это их называют **консументами**. Наконец, завершающее звено — те



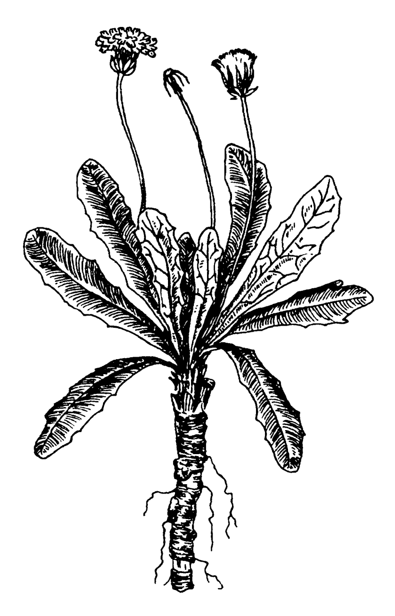
Цепи питания

самые микроорганизмы, которых называют **редуценты**, ибо они «низводят» живую материю до неживой. Их деятельность завершает один цикл круговорота органических веществ в природе и подготавливает следующий.

Как видите, вся пищевая цепочка биоты, если на время отбросить детали, всего-то оказывается «трехзвенной». Значит, теоретически рассуждая, всего трех видов живых организмов было бы, наверное, достаточно для функционирования биоты. Но как же тогда получилось, что эволюция привела к такому бесконечному их разнообразию?

Все дело в том, что приспособительные возможности живых существ ограниченны: в этом тоже одно из следствий их «системной природы». Ни один организм не способен одинаково хорошо чувствовать себя и в безводной пустыне Сахаре, и на дне глубоководной Марианской впадины, и в кронах деревьев тропического леса. Соответственно разнообразию условий обитания на Земле все «жизненное пространство» поделено на определенные **адаптивные зоны**. Эти зоны могут быть самыми разными: например пресноводные и морские бассейны, приливно-отливная зона и глубоководье, холодная тундра и сухая степь. Отчасти это то же самое, что знакомая вам природная зона; адаптивными же они названы потому, что освоение каждой из них требует особых приспособлений — **адаптаций** (о них речь пойдет в отдельной главе).

Значит, в первую очередь многообразие видов складывается под влиянием разных природных условий: они приспосабливаются к разным адаптивным зонам. Но и в каком-то одном месте найдется достаточно возможностей для разделения «сфер интересов»: ими прежде всего являются источники пищи. Так, многообразие растений часто бывает вызвано тем, что они «придумывают» разные способы улавливания солнечной энергии, воды и тех или иных минеральных веществ. Например, василек лучше всего чувствует себя на залитом солнцем поле, а кислице и под тенью вековых елей достаточно света. В среднеазиатских пустынях расцветающие весной тюльпаны питаются поверхностной влагой, а кок-сагыз тянет свои корни на глубину до 30 метров.



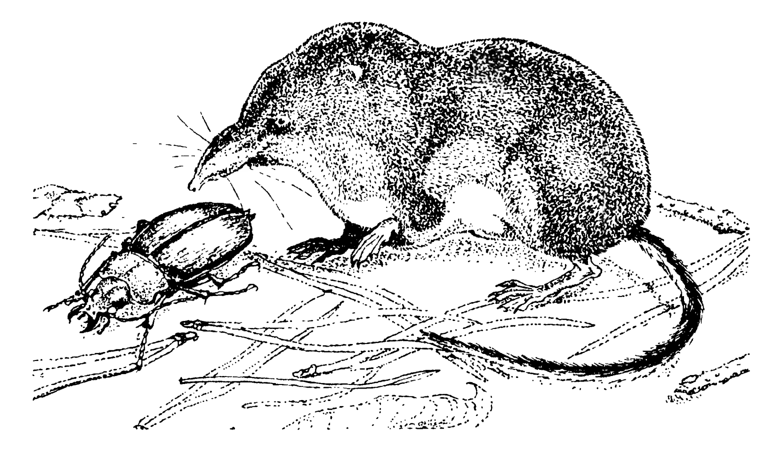
Кок-сагыз

Поскольку растения-продуценты питаться друг другом не могут (за ничтожным исключением растений-паразитов), их удел — всегда быть первыми звеньями пищевых цепей. Поэтому сколько бы растительных организмов ни появлялось

в ходе эволюции, длина пищевых цепочек из-за этого не возрастает, но зато увеличивается число самих цепочек. Не в пример этому животные-консументы, поедая друг друга, как бы последовательно «сочленяют» разные звенья и таким образом организуют пищевые цепочки разной длины.

Действительно, одни из них — мирные растительноядные, питаются листьями да травой, едят плоды. Другие животные — хищники, и поедают они не только травоядных, но и других хищников, которых способны одолеть. Так, землеройка ест не только червей, но и хищных жуков-жужелиц, а сама иногда попадает на обед кунице. Вот вам уже два или три звена. А ведь есть еще и паразитические организмы, которые тоже ничего не производят, а живут за счет «чужих» питательных веществ, освоив весьма своеобразную адаптивную зону, — прибавьте еще звено-другое в пищевых цепях.

Очевидно, что «расхождение» животных-потребителей по пищевым пристрастиям способно породить множество разнообразных видов, свидетельством чему служат, например, бесчисленные насекомые, «пасущиеся» на разных цветах и поедающие кто нектар, кто пыльцу, кто мясистые плодолистики, а кто-то на этих цветах ловит других насекомых. Так что именно на этом участке пищевых цепей эволюция может бесконечно много «экспериментировать», пробуя самые разные варианты, кто кого может тем или иным способом



Землеройка с жуком

употребить в пищу. Поэтому-то животные значительно разнообразнее растений, хотя их общая **биомасса** и меньше.

Здесь мы сталкиваемся с удивительным свойством биоты, вытекающим из все той же ее «системной» природы, — она самоусложняется по мере своего развития за счет возникновения все новых и новых организмов, переключающихся с одного источника питания на другой. Появление какого-то нового растения дает толчок к появлению нового растительноядного организма, а тот уже «тянет» за собой появление нового хищника или паразита. По этой причине разнообразие живых организмов на Земле медленно, но неуклонно увеличивается, даже если какой-нибудь природный катаклизм ввергнет то или иное сообщество растений и животных в кризис. Во всяком случае, так было, пока не появился человек, деятельность

которого во многих отношениях носит разрушительный характер и ведет к столь глобальному экологическому кризису, что видовое разнообразие на протяжении последних нескольких столетий стало заметно снижаться.

Земную биоту можно отчасти уподобить бабушкиному сундуку с множеством ящичков, ячеек и прочих интересных потайных местечек с завлекательным содержимым. Все это разные **экологические ниши**, которые занимают разные виды согласно своим жизненным (прежде всего пищевым) предпочтениям. Одни организмы исчезают, другие появляются, а ниши в сообществах сохраняются в большем или меньшем постоянстве своих невидимых границ. И *«расхождение» близких форм по разным нишам* является одним из основных движителей биологической эволюции. При этом каждый вид максимально приспосабливается к своей нише и стремится вытеснить из нее все прочие: в этом и состоит специализация.

Иногда в природных сообществах действительно бывают свободные экологические ниши, словно пустые ящички бабушкиного сундука, «ждущие» своей очереди на заполнение. О них можно судить по успешным вселениям «чужаков» в новые места. Так, меньше ста лет назад в северные леса Евразии из Америки была завезена ондатра — полуводный грызун из семейства полевковых. Теперь она здесь процветает, не испытывая почти никакой конкуренции со стороны аборигенов: значит, в Старом

Свете ниша для этого вида почему-то пустовала, хотя, казалось бы, чем аборигенная водяная полевка «хуже» ондатры?

Но значит ли это, что организмы смиренно ждут, когда для них освободится та или иная экологическая ниша, и только после этого начинается формирование нового вида? Ничуть не бывало, ведь природа устроена гораздо хитрее, чем бабушкин сундук, и биологическая эволюция сама способствует созданию новых ниш. Как же это происходит?

Летом вам наверняка попадались небольшие жучки с блестящими надкрыльями, сидящие по одному, а то и по нескольку сразу на деревьях, кустах или траве. Это листоеды: они совершенно никого не боятся и не прячутся, при опасности самое большое — подожмут лапки и кубарем свалятся на землю. А все потому, что выделяемая жуком при тревоге капелька лимфы чрезвычайно ядовита и способна доставить массу неприятных ощущений ящерице, необдуманно схватившей жука. Как видно из их названия, они специализируются на поедании листьев, чаще всего нескольких разных видов растений. При этом разные листоеды, бывает, кормятся на одном и том же дереве: про такие виды, которые используют одни и те же источники пищи, говорят, что их ниши *«перекрываются»*. Например, осиновый листоед чаще всего встречается на осине, а ольховый листоед — главным образом на ольхе, но оба они иногда присаживаются на листья тополя.

А теперь представьте себе, что какие-то особи осинового листоеда закрепились на тополе, из этих «любителей» тополиных листьев сформировался новый вид со своими особыми пищевыми пристрастиями — тополевый листоед. А что же другие листоеды, которые по-прежнему не прочь иногда полакомиться тополиным листом? Да этот новый вид, как только он станет достаточно массовым, просто вытеснит с излюбленного растения своих кормовых конкурентов, так что тем останется несколько умерить аппетиты и сделать свой рацион менее разнообразным. То есть вновь образующийся вид как бы «втискивается» в уже сложившуюся структуру природного сообщества, «распихивая» в стороны другие виды и тем самым формируя сам для себя свою собственную нишу, а заодно «сужая» ниши конкурентов. В итоге же разнообразие таких видов, как листоеды, постепенно возрастает даже в относительно постоянных условиях среды: «стремление» сообщества ко все большей дифференциации ведет к тому, что виды все плотнее и плотнее «упаковывают» свои ниши, живя по принципу «в тесноте, да не в обиде».

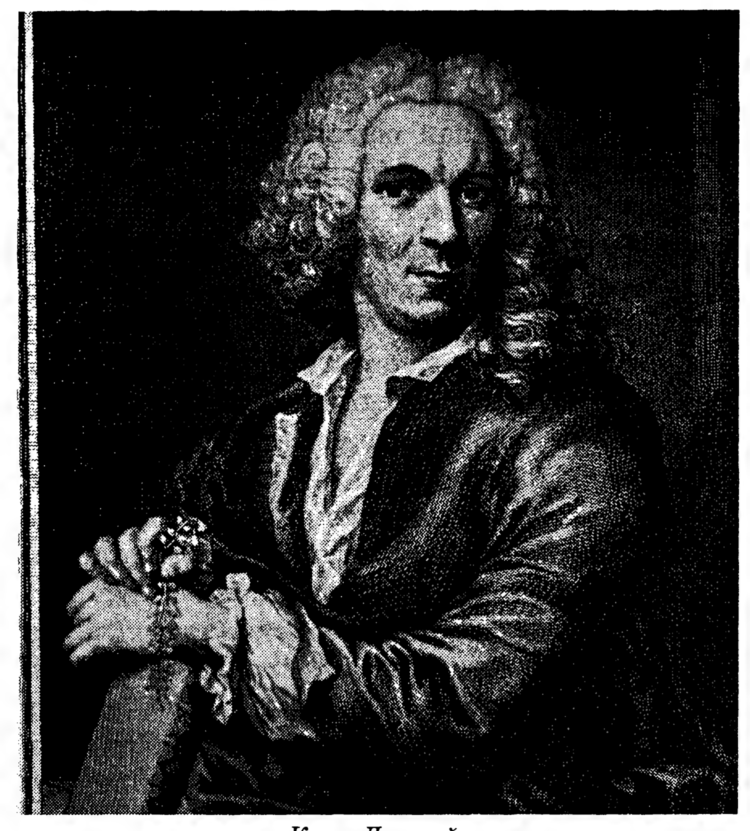
БЕЗ ЧЕГО ЭВОЛЮЦИИ БЫТЬ НЕ МОЖЕТ

Одна из примечательных особенностей биоты заключается в том, что начиная, с самых ранних этапов истории, она формировалась

одновременно со всеми своими составными частями и элементами. Конечно, по мере своего развития биота, как и «полагается» неравновесной системе, все более усложнялась, становилась многообразнее в своих проявлениях. И все равно, если бы можно было определить каким-то образом некий условный «день рождения» биоты, то в этот день на Земле уже были бы: и «кирпичики»-организмы, и сообщества этих организмов, сформировавшиеся в конкретных природных условиях, и пищевые цепочки, связывающие разных членов сообщества в единое целое.

И конечно, было бы еще нечто такое, «патент на изобретение» чего несомненно принадлежит биоте, — **биологический вид.**

Кто из вас, читающих книги по биологии, не встречал этот термин? И кто же не знает, что так обозначаются некие группировки близкородственных организмов, легко распознаваемые по внешнему облику, то есть по «виду» (откуда и пошло это название)? Однако за обыденностью, как это нередко бывает, кроется фундаментальность: биологический вид относится к числу самых основных элементов, из которых состоит биота. В его огромном значении для процессов, происходящих в живой природе, в том числе и эволюционных, мало кто из ученых сомневается. Однако и скептиков хватает: долгие споры, то разгораясь, то на время затухая, ведутся о том, есть ли вид, а если есть, то что это такое и как его



Карл Линней

понимать. В науке почти всегда так: чем фундаментальнее некое явление природы, тем менее оно понятно и тем больше споров вокруг него ведется.

Свой особый статус вид впервые «обрел», пожалуй, в пору зарождения биологической науки **систематики**. Ибо «отец-основатель» этого важнейшего раздела биологии, знаменитый шведский ученый Карл Линней в

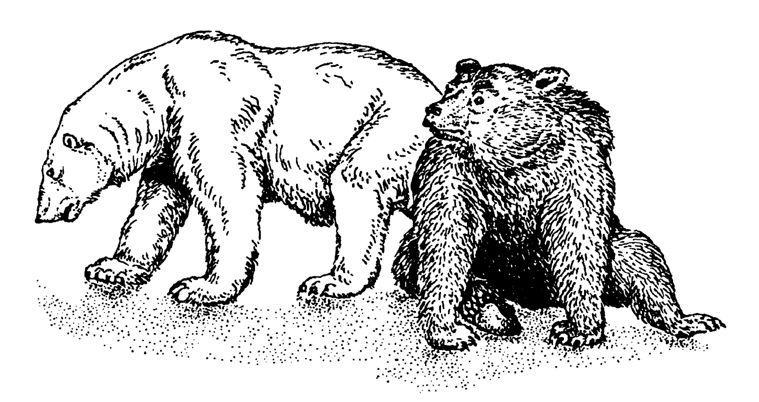
фундамент всей естественной системы живых организмов положил именно вид, а не что-либо другое. Но полное признание к виду пришло в связи со становлением современной эволюционной теории. Ведь именно слово «вид» поместил в заглавие своей выдающейся книги Чарльз Дарвин, положив ею начало **дарвинизму**: вы наверняка помните, что она называлась «Происхождение видов...». Правда, здесь есть один маленький нюанс: сам Дарвин как раз сомневался в реальности видов, считая, что ученые-биологи придумали это понятие для своего удобства. Получалось, что классик написал книгу о происхождении того, чего на самом деле, по его мнению, и нет... Но позже, уже в XX столетии, ошибка великого основоположника была исправлена: возобладало учение, в котором вообще все эволюционные закономерности стали «выводить» из процессов, происходящих в недрах видов, а всю эволюцию «сводить» к превращениям одних видов в другие, — **синтетическая теория эволюции**.

Так что же это такое — биологический вид, что это за особое природное явление, присущее, как и организм, только живой материи, без которого ни самой жизни, ни ее эволюции быть не может? Чтобы понять это, давайте вспомним, что мы знаем про организмы, точнее, про их «место» в биоте.

Во-первых, они приспособлены к более или менее «узким» условиям среды, в рамках

которых существуют наиболее успешно, но за пределами которых жить не могут: например, белый медведь не выживет в тайге, а бурый медведь — в полярных льдах. Во-вторых, иногда у организмов возникают новые свойства, позволяющие им осваивать ранее недоступные им источники жизни: ведь предок белого медведя обитал в тех же лесах, что и бурый сородич.

Значит, с одной стороны, биоте необходимо всячески отстаивать «самостийность» конкретных организмов: только так может поддерживаться устойчивое соотношение между разными звеньями в пищевых цепочках — залог нормального функционирования природных сообществ. Но с другой стороны, нужно и как-то обеспечивать будущее тому или иному полезному новшеству, появившемуся у какого-нибудь «революционера», который вознамерился изменить это соотношение в лучшую



Бурый и белый медведи

сторону, — без этого не может быть эволюционного развития биоты.

Но... Но есть и в-третьих: существование всякого отдельного организма ограничено небольшим временным отрезком. Даже если это не бактерия-«одноминутка», а секвойя, живущая тысячу лет, разве этот срок сравним с сотнями миллионов лет развития жизни на Земле? Значит, нужно уметь преодолевать эти рамки, организуя каким-то образом передачу из поколения в поколение свойственную организмам способность, и существовать в определенных условиях, и меняться.

Как вы помните, с самого начала мы говорили о разного рода «потоках», пронизывающих все сущее в этом мире, и, в частности, о потоках вещества и энергии, «протекающих» в биоте. Но есть еще один тип потоков, о которых пока не было речи: это потоки генетической информации, кодирующей свойства организмов в форме молекул ДНК. Потоки вещества и энергии, как вы уже знаете, организованы посредством пищевых цепочек. А информационные потоки организованы посредством как раз тех структурных единиц, о которых идет речь, — посредством **биологических видов**. Именно с их помощью биота решает две как будто взаимоисключающие задачи — обеспечивает и «консервативность», и «изменяемость» свойств организмов в процессе исторического развития.

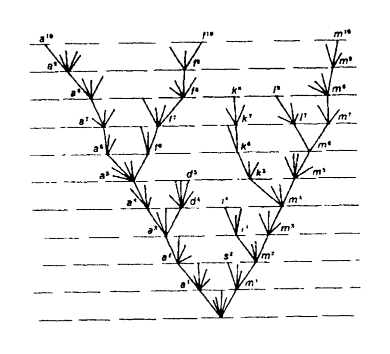
Таким образом, виды «созданы» живой природой для того, чтобы, с одной стороны,

защищать от «размывания» полезные свойства, приобретенные организмами на предшествующих этапах эволюции, и, с другой стороны, обеспечить возможность передачи их полезных изменений последующим поколениям. Это достигается достаточно простым средством — *регулированием размножения организмов*. Скрещиваться между собой «дозволено» только тем особям, которые относятся к одному и тому же виду; напротив, возможность размножения особей разных видов (так называемая **межвидовая гибридизация**) подавляется. С этой целью в процессе эволюции вырабатываются специальные **изолирующие механизмы** (мы подробнее поговорим обо всем этом в другой главе). Именно благодаря их действию все особи одного вида сохраняют свойственные ему приспособления, необходимые в занимаемой этим видом экологической нише. Зато если у какого-то из организмов появилось новое полезное свойство, оно посредством все того же размножения постепенно передается другим особям и в конце концов становится характерным признаком нового вида.

Появление каждого эволюционного новшества означает «умирание» одного и «рождение» из него другого вида, то есть **видообразование.** Значит, теперь мы можем уточнить: в историческом развитии биоты не организмы, а виды превращаются из одних в другие, тем самым организуя весь «поток эволюции» в

форме множества «цепочек» сменяющих один другой видов. Причем биологическая эволюция не знает «перерывов»: каждая такая цепочка, от первого до последнего звена, является сплошной. Это значит, что существует единая последовательность видов, например, от какого-нибудь сверхпримитивного микроорганизма до человека. Как и пищевые цепочки, «эволюционные цепочки» ветвятся — виды расходятся по разным экологическим нишам. Но есть и отличия: эти цепочки почти никогда не пересекаются (разные виды редко гибридизируют), а вот «обрываются» они, напротив, очень даже часто — виды вымирают.

«Цепочки» размножения организмов обычно изображаются как родословные схемы — «генеалогические древеса». Сходным образом «оформляются» и цепочки видов, из которых «состоит» **филогенез**: только в данном случае схема называется не генеалогическим, а **эволюционным** (или **филогенетическим) древом**. Кстати, Чарльз Дарвин был одним из первых, кто стал изображать эволюционные древеса.



Схематическое изображение эволюционного древа

Как же «растет» это замечательное «древо жизни»? Сначала возникает новый вид, пытающий

свое счастье в эволюции: это на эволюционном древе появился крошечный побег. Если виду повезет, то он укрепится в своей экологической нише и не вымрет из-за каких-либо пертурбаций или не выдержав конкуренции. Это будет означать, что зачаточный побег на эволюционном древе не «засох», а превратился в небольшую веточку. При благоприятных условиях, если еще и «соседние» ниши окажутся никем не занятыми, появляется все больше и больше потомков того предкового вида. Значит, побег все больше ветвится, становится все толще. И если оказывается, что удачливый вид-основатель «нашел» новое, весьма перспективное направление эволюции, то из одного предкового вида в конце концов получается обширная группа, захватывающая целую адаптивную зону. Так побег превращается в то, что садовод назвал бы «скелетной ветвью» эволюционного дерева жизни.

Подобным образом и происходило становление практически всех групп организмов, таких как, например, наземные позвоночные. От какого-то родоначального вида кистеперой рыбы возникли все виды земноводных, от какого-то из этих видов возникли все виды рептилий и так далее. Но, увы, мы никогда точно не узнаем, какой вид от какого произошел, особенно если речь идет об ископаемых организмах; причем чем древнее предок, тем меньше у нас шансов его обнаружить и распознать

среди сородичей. Так что в рассуждениях об эволюционных древесах нужно всегда делать скидку на неполное знание истории и, говоря о предковых формах, лучше иметь в виду не какой-то один конкретный вид, а группу из нескольких близкородственных видов. Так будет честнее.

ПОРЯДОК В ХАОСЕ

Одно из следствий долгого процесса развития жизни на Земле — невероятное разнообразие живых организмов. Как разобраться в этом «хаосе», как в разнообразии организмов найти определенный естественный порядок, подчиняющийся какому-либо закону природы?

Всякая наука нацелена на поиск законов, управляющих природными явлениями. Например, астрофизика изучает законы движения и развития небесных тел, а физика микромира — законы преобразования друг в друга элементарных частиц. Эволюционная биология занимается поиском законов, согласно которым возникло огромное разнообразие мира живых организмов. Но как можно понять причины возникновения самых разных животных и растений, не изучив биологического разнообразия, как оно организовано, каков в нем порядок и так далее? Этим занимается особая научная дисциплина — **систематика**. Закон же, который она ищет, — **естественная система** живых организмов.

Посмотрите вокруг себя: вы увидите, что организмы можно сгруппировать тем или иным образом. Это и есть «внешнее», так сказать, проявление порядка. Вы наверняка легко различите, например, млекопитающих, насекомых и растения. Есть ли в этом проявление закона, естественной системы? Возможно, да. Так же легко вы разделите всех животных по окраске, скажем, на полосатых, пятнистых и равномерно окрашенных или на серых и окрашенных в другие цвета. А в этом есть проявление естественной системы? На своем собственном опыте (а лучше по книгам или спросив кого-нибудь) вы разделите организмы на съедобные и те, которые даже пробовать не стоит. И в этом тоже можно усмотреть



Мышь, муха, лапчатка

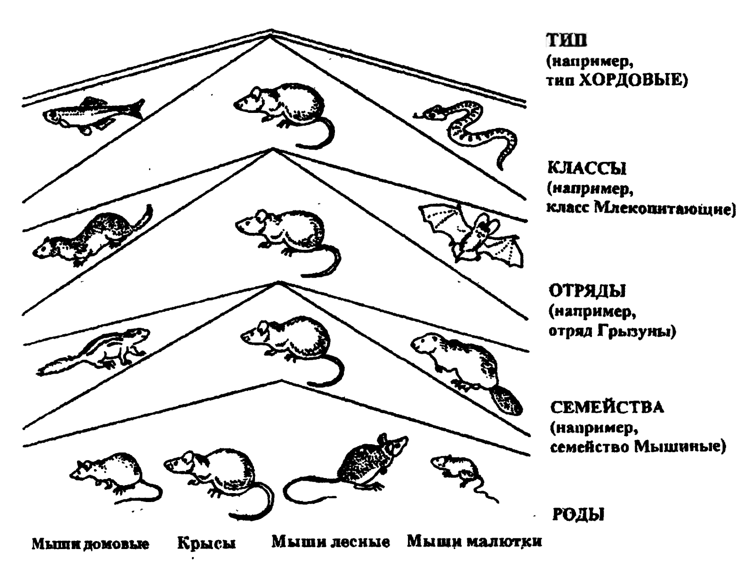
естественную систему? Но ведь все три «системы», которые вы только что для себя разработали, не совпадают друг с другом. А естественная система, коль скоро она закон живой природы, должна быть единственной!

Наверное, распознать эту единственную систему будет легче, если представить себе, какова основная причина возникновения разнообразия. Когда-то ее искали в промысле божием (хотя едва ли кто знал, что это такое), когда-то — в «идеях» и «архетипах», которые каким-то образом «организуют» все сущее в этом мире (но каким?). В настоящее же время такую причину большинство биологов видит в процессе исторического развития биоты, то есть в эволюции. Отсюда ясно: естественной должна считаться такая система, в которой эволюционная идея выражена наиболее полно. Так эволюционная теория и систематика объединились, чтобы сообща выявлять и объяснять разнообразие мира живых организмов.

Самой подходящей формой представления хода эволюции, как вы уже знаете, является **эволюционное древо**, которое люди рисуют, чтобы удостоверить, кто от кого и когда произошел. На этом древе, как на какой-нибудь самой обычной яблоне или осине, есть, образно говоря, ветви разных порядков — концевые, «скелетные» и так далее. Значит, в системе им должны соответствовать группировки — в систематике их называют **таксонами** — тоже разных порядков. Из этого получается, что

устройство естественной системы чем-то напоминает устройство воинских частей — оно **иерархическое**. Подобно полкам, ротам, взводам, в этой системе есть разные уровни, в систематике их называют **рангами**. Наивысший ранг, конечно же, у мира живых организмов, далее идут **царства, типы, классы, отряды** и так далее по нисходящей до **вида**.

Вы наверняка знакомы с важнейшими группами организмов, хотя и не задумывались над тем, таксоны ли это и каковы их ранги. Так вот, теперь вы будете знать, что, например, животные и растения — это царства, моллюски — тип, насекомые и млекопитающие — классы, киты и грызуны — отряды.



Устройство иерархической системы

Как же должны группироваться таксоны и как должна строиться естественная система мира живых организмов, чтобы наилучшим образом соответствовать эволюционному древу? Очевидно, что организмы, «сидящие» на одной ветке, являются близкородственными и относятся к одному таксону, если же на разных ветвях, то степень родства меньше, их нужно относить к разным таксонам. Иными словами, для построения естественной системы согласно эволюционным принципам организмы следует объединять по **родству**.

Казалось бы, как здорово: есть по-армейски четкий принцип устройства естественной системы, определена «стратегия» систематики — группировать по родству. Осталось только «расписать» организмы по таксонам, словно солдат-новобранцев по подразделениям, и на этом наука систематика кончится, решив свои задачи. Но вот беда — не получается. Откройте несколько книг по общей биологии и вы увидите, что приведенные в них системы не совпадают, хотя каждая преподносится как «естественная». Тому есть несколько причин.

Одна из них, как говорится, лежит на самой поверхности — это открытие новых организмов или открытие новых их свойств, заставляющих пересмотреть порой всю конструкцию эволюционного древа. Когда-то не подозревали о существовании простейших одноклеточных организмов. Открыв их, поначалу

не знали, что у бактерий и инфузорий (все они — одноклеточные) принципиально по-разному «упакованы» носители генетической информации — молекулы ДНК. Да что там говорить, если в самом конце XX столетия учеными Московского университета был открыт совершенно новый тип глубоководных беспозвоночных животных — **вестиментиферы**!

Другая причина гораздо серьезнее: увы, у ученых нет методов, позволяющих достаточно строго судить о родстве. Действительно, ведь биологи, изучающие эволюционные процессы, не располагают ничем, что было бы похоже на «свидетельство о рождении» живых организмов. Как же тогда «измерять» их родство?

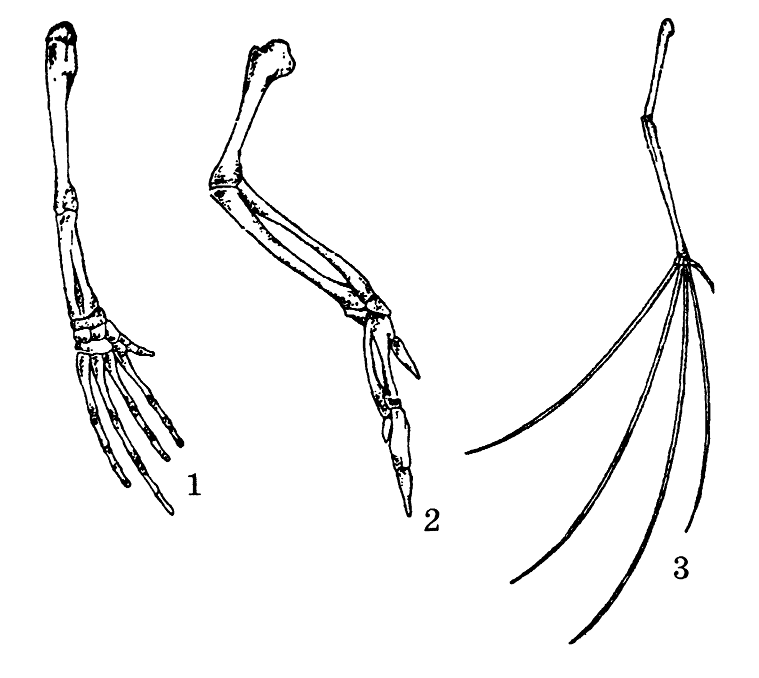
Вспомните, как вы только что пробовали классифицировать организмы по окраске или по пригодности в пищу: вы объединяли или разделяли их в зависимости от их сходства по тем или иным признакам. Так вот, именно в сходстве и скрыто родство! Но не во всяком. Сходство по окраске отражает родство? Вряд ли. А по признакам, по которым вы отделяете млекопитающих от насекомых? Скорее всего, да. Вот здесь-то мы подошли к самой сути: оказывается, по одним признакам можно судить о родстве, по другим нет. Теперь задача — научиться эти признаки различать.

Посмотрите, как происходила эволюция конечностей наземных позвоночных. Когда-то

возникала кистеперая рыба с особым строением плавников. От нее сначала произошли земноводные, у которых эти плавники превратились в лапы, затем лапы перешли «по наследству» к рептилиям и млекопитающим. А у тех уже они преобразовались в самые разные конструкции — например, в крылья у птерозавров, птиц, летучих мышей. Так что, оказывается, птичье крыло — просто видоизмененный передний плавник той самой кистеперой рыбы, с которой все и началось.

А теперь, когда вы это знаете, сравните крыло птицы и насекомого. Ведь это совершенно разные конструкции, причем не только по строению, но и — это самое главное! — по происхождению. Ведь у насекомых — вы об этом узнаете дальше — крылья возникли не из ног, а из боковых складок тела. Так что если судить о родстве птиц, то понятно, что они — родственники рептилий, а не насекомых, хотя и летают, а не ползают.

Вот и получается, что, если признаки возникли и видоизменялись в ходе эволюции какой-то одной группы организмов, они *свидетели близкого родства всех членов этой группы*. Такие признаки принято называть **гомологичными**. Наоборот, если признаки возникли совершенно разными путями, они не могут свидетельствовать о родстве: такие признаки называют **аналогичными**. Следовательно, чтобы реконструировать ход исторического развития животных и растений и на



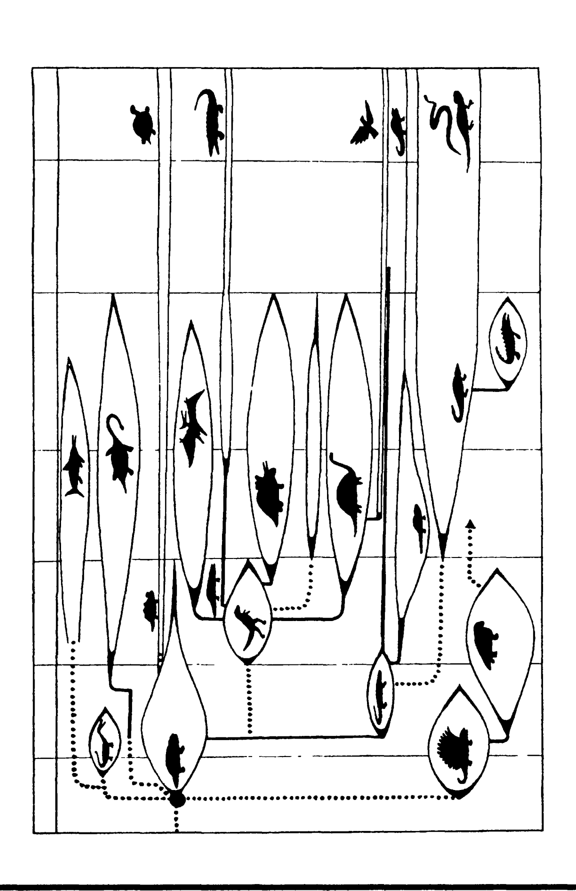
Гомология передней конечности амфибии (1), птицы (2) и летучей мыши (3)

этой основе воссоздать их естественную систему, необходимо прежде всего среди огромного множества признаков научиться выявлять гомологичные и отсеивать аналогичные.

Чаще всего свидетельства родства организмов ищут среди морфологических признаков: так уж сложилось исторически. Но ведь ясно, что чем менее сходен «план строения» живых существ, тем меньше можно найти у них и гомологичных признаков. Действительно, чрезвычайно трудно обнаружить что-либо общее в строении млекопитающего, цветкового

растения и бактерии. Поэтому в последние годы все чаще о родстве судят по строению макромолекул — белковых, а то и ДНК, ведь их конфигурация зачастую унаследована от самых первых живых существ. Причем современные методы генетических исследований столь филигранны, что удается расшифровать участки молекулы ДНК «с точностью до индивида»: оказалось, что они столь же специфичны, как и папиллярные узоры на подушечках пальцев.

ЭВОЛЮЦИЯ В ДЕЙСТВИИ



ЭТО ГЛАВНОЕ СЛОВО «АДАПТАЦИЯ»

Процесс эволюции можно понимать поразному. Как мы уже выяснили, это и саморазвитие биоты как целого, и происхождение видов, да и просто изменение живых существ под влиянием условий обитания. Разумеется, каждое из этих определений справедливо, поскольку отражает какую-то сторону этого сложнейшего явления природы. Но если попытаться в сжатой форме выразить главное, существенное, что есть в биологической эволюции, то, пожалуй, важнейшим для нее будет процесс происхождения **адаптаций**.

Адаптация (или, проще говоря, **приспособление**) — это всякое *специальное свойство живого организма, позволяющее ему выжить в определенных условиях среды*. И не только выжить, но и оставить после себя потомство — без этого не будет самой эволюции. Дыхание жабрами, как у рыб или ракообразных, — адаптация к водному образу жизни, а дыхание легкими (как у позвоночных) или трахеями (как у насекомых) — к наземному. Крылья —

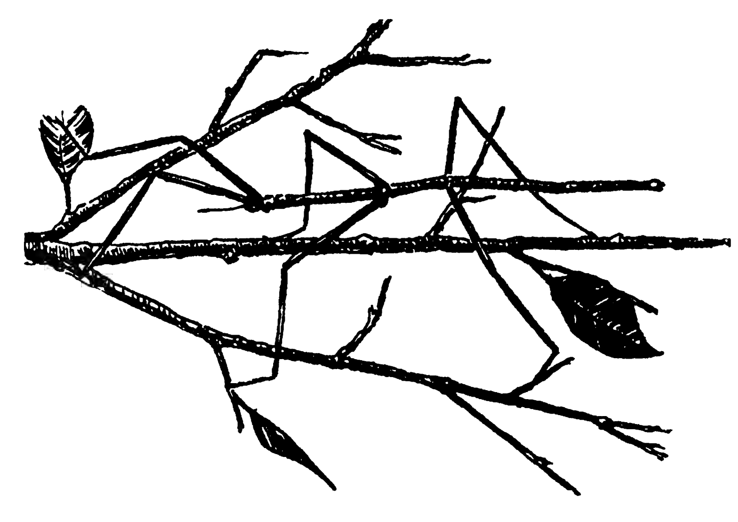


Скат

адаптация к полету, ноги — к ходьбе, плавники — к плаванию. Млекопитающие рождают небольшое число хорошо развитых детенышей, а большинство водных беспозвоночных, да и рыбы откладывают многие тысячи икринок — все это разные адаптации к тому, чтобы определенное число потомков достигло взрослого состояния. В кишечном тракте термитов обитают особые одноклеточные организмы: это их взаимная адаптация, позволяющая одним (простейшим) существовать в относительно стабильных условиях и получать в изобилии корм, а другим (насекомым) — усваивать продукты разложения клетчатки, которую они сами переварить не способны.

Многие адаптации имеют комплексный характер, в совокупности «подгоняя» весь организм к требованиям среды. Поэтому по облику животного зачастую достаточно легко определить, хотя бы в общих чертах, какой образ жизни оно ведет. У быстро плавающих акулы, тунца, дельфина тело вытянутое, торпедообразное, идеально обтекаемое, а у придонных камбалы или ската оно плоское, чтобы можно было легко слиться с субстратом.

Бывают, впрочем, и «узкие» адаптации, связанные с необходимостью решить какую-то одну специальную задачку. В южных лесах живет странное насекомое — палочник, названное так за особое строение тела: очень тонкое, вытянутое, с длинными ногами. Когда палочник неподвижно сидит на ветке дерева, его очень трудно



Палочник

обнаружить — ни дать ни взять просто сухая веточка. Так он приспособился к защите от врагов.

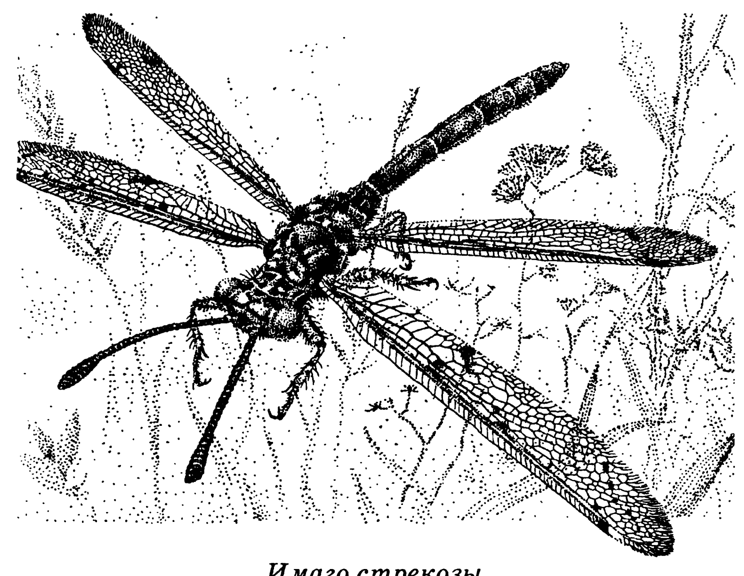
Но вот беда: универсальных приспособлений не существует. Рыба, оставшаяся на дне пересохшего озерца, обречена на смерть. Но то же самое произойдет и с полевкой, унесенной половодьем на речную стремнину. В лесу одни животные населяют шумящие на свежем ветру высокие кроны деревьев, а другие — душные темные подземелья нор. Очевидно, что и приспособления у них будут разными: белка и синица не способны жить в норе, а крот и медведка (родственница сверчков и кузнечиков) — лазать по деревьям.

Правда, некоторые ухитряются жить в совершенно разных условиях — таких «умельцев» называют **амфибионтами**. Это чаще всего

характерно для видов со сложным жизненным циклом. У стрекозы взрослая особь (у насекомых она называется **имаго**) — великолепный летун, гроза мелкой мошкары, вьющейся над луговой травой по берегам озерца. А ее личинка живет в воде того же озерца: она тоже отъявленный хищник, но у нее совсем другая добыча, недоступная взрослой стрекозе, — всяческие водные организмы, иногда даже головастики и



Личинки стрекоз



Имаго стрекозы

личинки тритонов. Впрочем, все равно и имаго, и личинка стрекозы наделены своими особыми адаптациями и поменяться местами не могут: в воде нечего делать с широко распростертыми крыльями, а на суше — с жабрами-**церками.**

Происхождение адаптаций — вот главная загадка эволюции. Как получается, что каждый вид оказывается приспособленным к «своей» среде обитания и играет свою особую «роль» на «сцене жизни»? Чтобы попытаться понять это, нужно принять во внимание два обстоятельства. С одной стороны, действуют определенные законы природы, законы организации и функционирования сообществ, и их нужно соблюдать. В данном случае соблюдать требования законов — значит приобретать

определенные адаптации, причем для разных требований разные. Другое же обстоятельство состоит в том, что природа, образно говоря, «**не** терпит пустоты». Как только по тем или иным причинам появляется свободное место в жизненном пространстве (уже известная вам **экологическая ниша**), туда устремляется «эволюционный поток», чтобы заполнить «экологическую пустоту». При этом один вид превращается в другой, вырабатывая новые адаптации соответственно новым условиям среды.

Эта так называемая **адаптивная радиация** — расхождение видов по разным экологическим нишам — и дает все многообразие живых существ со всеми их специфическими приспособлениями. У нее есть две, так сказать, «ипостаси».

Одна из них, изначальная, — **дивергенция**, с нее начинается эволюционный процесс. Суть ее состоит в том, что близкородственные виды, постепенно накапливая различия, все дальше и дальше расходятся от своего общего предка и друг от друга. Именно при посредстве такой **дивергентной эволюции** та или иная группа организмов осваивает новую **адаптивную зону** (вы помните, что это такое). Сначала в нее проникает несколько видов-родоначальников; не встречая конкурентов, их виды-потомки все больше увеличиваются в числе и в конце концов осваивают все подходящие местообитания. Так было при выходе растений, а за ними беспозвоночных и позвоночных животных из моря на сушу. Так же было и в истории

птиц и млекопитающих: оба эти класса начинались с небольшого числа прародителей всего их современного многообразия.

Но все время только «разбегаться» не получается: ведь адаптивных зон, на которые поделено жизненное пространство, не так уж и много, да и структура сообществ тоже не слишком сложна. Так что если близкие виды расходятся (дивергируют), то далекие, напротив, нередко сближаются по тем или иным признакам. Это явление называется **конвергенцией**, оно отражает то очевидное обстоятельство, что для выполнения одних и тех же функций нужны сходные органы. Поэтому один из эволюционных законов гласит: *если какая-то адаптация возникает с необходимостью, она с необходимостью возникает неоднократно.*

Действительно, чтобы смотреть, нужны глаза. И вот у позвоночных и у головоногих моллюсков появляется очень сходно устроенное глазное яблоко — с роговицей, хрусталиком, стекловидным телом, сетчаткой. Чтобы ходить, нужны ноги: и вот у членистоногих и у все тех же позвоночных появляются ходильные конечности, в которых разные элементы сочленены подвижными суставами. Чтобы летать, нужны крылья: и вот у насекомых, птиц, птерозавров, рукокрылых совершенно независимо возникает крыло. Чтобы одновременно можно было и ходить, и плавать, у самых разных полуводных животных появляется «лягушачья лапа» с плавательными перепонками

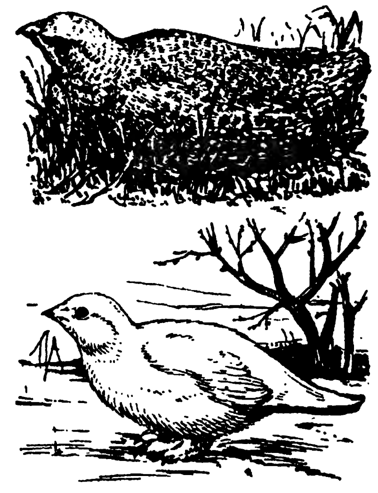
между пальцами: утка, чайка, пеликан среди птиц; ондатра, выдра, землеройка-кутора среди млекопитающих. Да вы наверняка и сами припомните много других примеров.

Вследствие конвергентной эволюции возникают так называемые **«жизненные формы»** — похожие друг на друга неродственные организмы, обитающие в сходных условиях и обладающие сходными адаптациями. **Водоросль** — это жизненная форма: так мы называем все водные растения, не только «настоящие» водоросли, всегда росшие в воде, но и те цветковые растения, которые от сухопутной жизни вновь вернулись в водную среду и приобрели сходное строения побегов и листьев. Поразительное сходство возникает между животными, ведущими «сидячий» образ жизни: у них упрощаются все органы, почти утрачиваются органы чувств, по способу питания они превращаются в «фильтраторов». Раньше их даже считали близкими родичами и называли «**зоофитами**» (в переводе с научной латыни «животные-растения»), хотя, например, губка и асцидия относятся к совершенно разным типам.

МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭВОЛЮЦИИ

В живой природе нет ничего более постоянного (то есть присутствующего во всех проявлениях жизнедеятельности самых разных организмов), чем **изменчивость**. Отличаются

друг от друга разные особи одного вида: достаточно посмотреть на своих друзей, чтобы убедиться в этом, — это **индивидуальная изменчивость.** Различаются стадии жизненного цикла одной и той же особи — так проявляется **возрастная изменчивость**: что может быть менее сходным, чем гусеница, куколка и имаго бабочки? Куропатка, которая летом серая, а зимой белая, — пример **сезонной изменчивости.** У самца оленя есть рога, а у самки их нет — это уже **половая изменчивость.** В гигантской семье термитов есть рабочие особи и солдаты, беспрерывно откладывающая яйца огромная «царица» и раз в год роящиеся крылатые самки и самцы — это так называемые **«касты»** насекомых. Прекрасная в своем рыжем меху лисица-огневка из сибирской тайги окрасом мало похожа на серенькую пустынную караганку, хотя обе они относятся к одному виду, — такова **географическая изменчивость.**



Белая куропатка летом и зимой

Природа внутривидового разнообразия двояка. С одной стороны, многие из его проявлений возникли в результате долгой эволюции

и сами по себе являются специфической адаптацией к обитанию в разнородной среде. С другой стороны, наоборот, сама изменчивость представляет собой материал для этой эволюции.

Давайте вспомним, как растет «эволюционное древо». Все начинается с появления на нем крошечного «побега» — нового вида. А откуда берется этот вид? Он зарождается в недрах другого вида-предка. Дело в том, что каждый вид — это не что-то однородное, бесформенное: он состоит из особых группировок особей — **популяций**, каждая из которых является этаким «полномочным представителем» данного вида в том или ином природном сообществе. Полевки, живущие в каком-нибудь березовом колке, или тли, поселившиеся на яблоне, — все это видовые популяции. А если область распространения популяции охватывает целую природную зону или, скажем, большой остров, то это уже **географическая раса**. Только что упомянутые огневка и караганка и есть географические расы одного вида — лисицы: различия между ними вызваны приспособлением к специфическим для каждой природной зоны климатическим условиям.

Именно с возникновения этих группировок и начинается становление нового вида, начинается эволюция. Точнее, **микроэволюция.** Так обозначается появление различий между популяциями или расами, которые в конечном итоге могут превратиться в новые виды. Впрочем, такое превращение далеко не обязательно: для

этого нужно стечение многих обстоятельств, да еще чтобы возникла «великолепная изоляция» (о которой чуть позже). Но откуда берутся сами эти различия?

Здесь мы сталкиваемся с очередным парадоксом биологической эволюции. Оказывается, все эволюционные преобразования начинаются... с индивидуальных отклонений от видовой «нормы». То есть источником невероятного разнообразия форм жизни по сути являются «ошибки» в генетической информации, возникающие вследствие случайных **мутаций** — разного рода изменений в строении «молекул наследственности» ДНК. Они в совокупности и составляют ту самую **наследственную изменчивость**, которая служит основным материалом для эволюции, сферой приложения **естественного отбора**: он «решает», какие из мутаций закрепить в следующих поколениях, а какие «забраковать» (с его действием вы познакомитесь в следующем разделе).

Открытие мутаций и вообще наследственной изменчивости в начале XX столетия произвело настоящую революцию в теории эволюции. Оказалось, что популяции, словно губка водой, «пропитаны» самыми разными мутациями. Действительно, посмотрите на самых обычных городских голубей, собирающихся стаями на площадях или у рынков: наряду с ровно окрашенными «сизарями», которых большинство (это типичная окраска, видовая «норма»), есть пегие, с рыжиной, с белыми

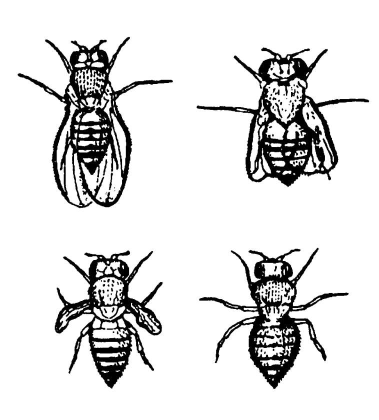
пятнами на голове и крыльях. Да и среди «дворовых» кошек, живущих при магазинах, каких только вариантов окраски вы не увидите! А ведь это лишь небольшая часть индивидуальной изменчивости, проявления так называемых **доминантных** генов. На самом же деле большинство мутаций находится в «скрытой» — **рецессивной** — форме и почти никак себя «внешне» не выказывает.

Очевидно, что для эволюции имеют значение только те уклоняющиеся варианты, которые могут быть переданы от родителей их потомкам. Но все ли варианты наследуются? Проведем такой опыт: разрежем корень одуванчика продольно на две части и вырастим каждую из половинок в разных условиях освещенности и влажности. Наверняка мы получим растения совершенно разного облика. Причина в том, что, как вы помните, в генотипе заложена «программа» не о признаке как таковом, а о возможных способах его развития в тех или иных условиях среды. Поэтому один и тот же **генотип** в разных условиях производит разные **фенотипы**. Но если собрать семена этих двух растений — генетических близнецов и прорастить их в одинаковых условиях, то из них вырастут одинаковые одуванчики. Значит, так называемые «приобретенные признаки», возникающие под влиянием конкретных внешних условий, к потомкам не переходят, то есть не наследуются. Причина ясна: ведь такие признаки являются **модификациями**,

различия по ним не имеют, так сказать, генетической «подоплеки».

Закономерности возникновения и наследования мутаций подробно изучались у самых разных организмов: среди них и цветок львиный зев, и жучок божья коровка, и родственный мышам грызун олений хомячок. Но излюбленный объект генетиков, конечно же, небольшая мушка **дрозофила**, которую многими тысячами разводили для экспериментов в молочных бутылках. Вот уж кто достоин памятника в качестве «жертвы науки» наряду с собакой и лягушкой! Каких только мутаций у нее не было обнаружено: выяснилось, что они затрагивают все проявления организма — его морфологию, физиологию, поведенческие инстинкты.

Обычно мутации проявляются лишь в незначительных изменениях того или иного органа: например, у той же дрозофилы чаще всего меняется число или положение небольших хитиновых щетинок на тельце или жилок на крыле. Это стало очень серьезным доводом в пользу того, что эволюция происходит постепенно, путем накопления небольших изменений.



Мутации крыльев у дрозофилы

Но иногда случаются и более масштабные «**макромутации**». Особенно потрясло ученых-генетиков то, что у дрозофилы очень редко, но все-таки появляется зачаточная вторая пара крыльев, а ведь эти мушки относятся к отряду двукрылых! Или, наоборот, крылья исчезали вовсе и получались бескрылые создания, способные только бегать. И это дало повод для разговоров уже о «скачках» в эволюции, когда у какого-то организма появляются признаки, позволяющие ему сразу же превратиться в нечто совсем иное.

Итак, вся эволюция начинается с индивидуальных вариаций. Они под действием отбора закрепляются и превращаются в различия между популяциями, а затем и между расами. Все это процессы микроэволюции, которые венчает собой **видообразование**, то есть «рождение» нового вида. Это эволюционное событие «переключает» эволюцию с «микроуровня» на «макроуровень»: начинается **макроэволюция**, которой охвачены целые семейства, отряды, классы живых организмов. И на этом уровне уже виды служат «материалом» для эволюционных процессов, на основе их многообразия выбираются наиболее перспективные пути исторического развития. А то, что оказалось просто очередной «пробой пера», отсеивается: вымирания являются такой же неотъемлемой частью эволюции, как и образование новых форм. Об этом мы еще поговорим.

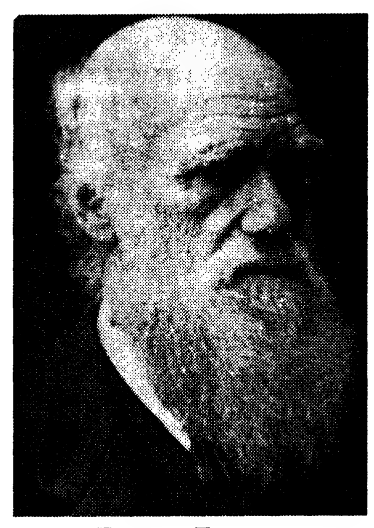
ПРИРОДНОЕ «СИТО»

Как-то раз Микеланджело Буанороттиі, знаменитейшего итальянского скульптора эпохи Возрождения, почитатели его таланта спросили, как тому удаются его шедевры. И что же ответил их кумир? Что он берет глыбу мрамора и просто отсекает от нее все лишнее. Но Микеланджело, прежде чем приступить к бесформенной глыбе, своим «внутренним оком» уже видел результат и знал, что в мраморе «лишнее». А как же природа ваяет свои шедевры? Как возникают те самые адаптации, с помощью которых живые существа оказываются удивительным образом «подогнанными» к своей среде обитания?

Этот вопрос долгое время был самой большой загадкой для естествоиспытателей. Ответ на него искали и в «плане творения», и в «целенаправленности» эволюции, и в стремлении самих живых существ к совершенству. Но ученых-материалистов ни одна из этих версий не устраивала: ведь нет ни «творца», по своему хотению якобы создавшему все разнообразие живого, ни «цели» у эволюции (к этому мы еще вернемся чуть попозже). Одно время предполагалось, что разгадка кроется в «упражнении» органов: например, жираф все время вытягивает шею, чтобы дотянуться до листочков на дереве, вот она и становится все длиннее. Может быть, но каким образом удлинение шеи закрепляется в череде поколений? Это было

бы возможно, если бы так называемые «приобретенные признаки» передавались по наследству. Но ведь такого, как вы знаете, не бывает.

Разгадка оказалась столь же неожиданной, сколь и простой: гармонию живых организмов «творит», приспосабливая их к требованиям среды, сама же... среда. Помните шутливый ответ Микеланджело? Так вот, природа действует точно так же, но только на полном серьезе. Той самой бесформенной «каменной глыбой» для нее служит внутривидовая изменчивость организмов, которая порождается мутационным процессом. А «зубилом», точнее, своего рода «ситом», при посредстве которого среда «отсекает» или «отсеивает» из множества вариантов все «лишнее», является **естественный отбор**. Но что такое это «лишнее»? Конечно же, то, что не соответствует требованиям среды, то, что к ней не приспособлено. А то, что остается после действия отбора, как раз и есть то самое «чудо природы», которое более всего отвечает предъявленным внешней средой условиям.



Чарльз Дарвин

Эта блестящая идея впервые пришла в голову великому

англичанину Чарльзу Дарвину. И именно она легла в основу эволюционной теории, которая в честь ее основоположника так и называется — **дарвинизм**. Конечно же, за это время ее содержание довольно сильно изменилось, теория обогатилась многими положениями генетической науки (которой во времена Дарвина еще не было). Однако ядро теории — *естественный отбор индивидуальных вариантов* — по-прежнему остается незыблемым.

Представить себе, увидеть воочию, как «работает» естественный отбор, довольно просто. Летней порой в лесу порхают многочисленные бабочки и мотыльки, среди которых то и дело попадаются **березовые пяденицы**. Одни из них окрашены светлее, другие — темнее.



Цветовые вариации березовой пяденицы

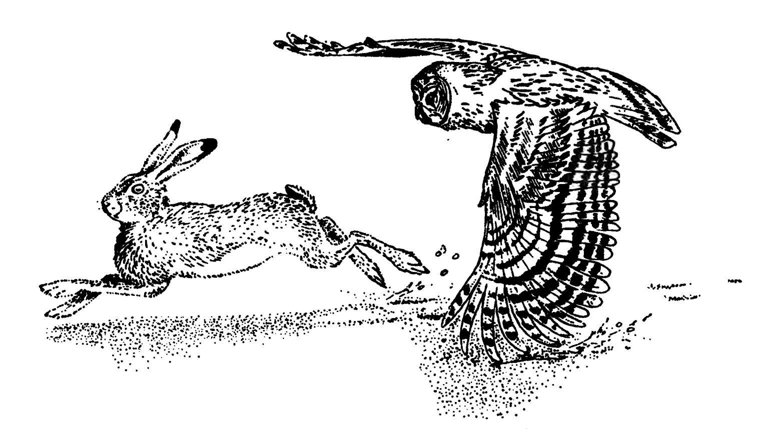
Вот светлая бабочка села на ствол березы, сложив крылья и плотно прижавшись к коре, и тут же «исчезла», слившись с фоном. А темно окрашенная пяденица, когда садится на белоснежный ствол дерева, видна как на ладони: пролетит мимо синица — и все, нет бабочки.

Таким образом, естественный отбор в первую очередь обеспечивает «отсев» из популяции тех уклоняющихся, «непригодных» особей, которые выделяются в каждом поколении благодаря мутационному процессу. Тем самым обеспечивается стабильность, постоянство видовых признаков, обеспечивающих максимальную приспособленность к данным условиям существования. Поэтому такой отбор называется **стабилизирующим**.

Но вот условия изменились. Что при этом произойдет? К концу XIX столетия в промышленных районах Англии из-за бесчисленных чадящих черным угольным дымом труб березки из белых стали буквально серыми. И что бы вы думали? Вслед за этим в местных популяциях пяденицы стали преобладать темные особи, потому что теперь насекомоядные птицы чаще «выбраковывали» уже светлых бабочек, более заметных на серой коре деревьев. Так благодаря действию отбора произошел сдвиг видовой нормы: поэтому такой отбор называют **движущим**. Именно он и обеспечивает весь ход микроэволюции, постепенное расхождение популяций и превращение одних видов в другие.

Отбор — это нечто аморфное, безликое; на самом деле правильнее говорить, что действуют **факторы отбора**, каждый из которых — какой-то «фрагмент» тех самых внешних условий, в которых существует организм. Но конечно, это не все факторы, а лишь те, от состояния которых зависит благополучие живого существа, — их называют **лимитирующими факторами**. И таких факторов неисчислимое множество. Температура и влажность, характер субстрата и освещенность, рельеф, соленость — это **абиотические факторы**, то есть относящиеся к неживой природе. Гораздо больше **биотических факторов**: ведь каждый вид так или иначе связан со многими своими «соседями» по сообществу, и все они друг для друга могут быть факторами отбора.

Например, зайчонок может погибнуть от ночного заморозка или продрогнув под проливным дождем, его может поймать лиса,



Заяц удирает от совы

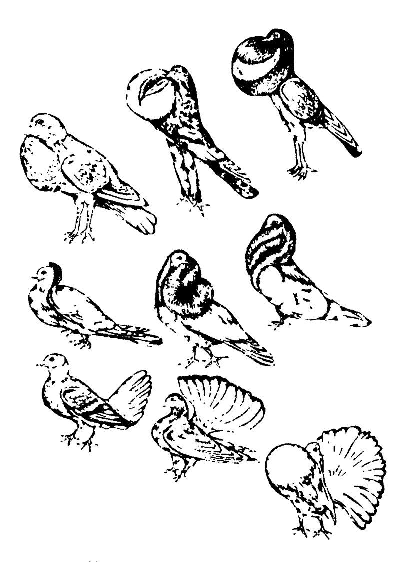
рысь или филин, его благополучие зависит и от того, отыщется ли поблизости съедобная трава или кустик с вкусной корой. И все это для него факторы отбора, которые «отсеивают» наименее приспособленных и оставляют самых крепких, быстрых, находчивых. С другой стороны, и сам заяц ведь тоже выступает в качестве такого фактора для хищных зверей и птиц: он «отбирает» только тех из них, которые способны поймать косого себе на обед. А вот, скажем, порхающие в кронах деревьев птички-синички ни для кого из них лимитирующим фактором не являются: для этих животных (но не для бабочек и жуков) они, можно сказать, безразличны.

Обратите внимание: отбор сам по себе как будто ничего не создает. Он по сути лишь «сортирует» различные варианты строения, которые в избытке поставляют ему идущие в популяции генетические процессы. Одни организмы он «отсеивает» — и все их признаки исчезают вместе с ними. Другие же, оставшись в популяции, вступают в размножение и закрепляют свои свойства в генотипах последующих поколениях. Иными словами, благодаря действию естественного отбора происходит как бы «запоминание» популяцией тех особенностей строения, физиологии, поведения, которые оказываются полезными в данных условиях. А ведь, согласно одному из определений, творчество — это как раз и есть *«запоминание случайного выбора»*.

Так что естественный отбор — это действительно великий «творец» разнообразия живых организмов. А плоды его «творчества» — те многочисленные адаптации, которыми организмы связаны со своей средой и благодаря которым они способны выжить в самых разных условиях.

Но вот каким парадоксальным свойством наделен этот природный «творец». Каким бы ни был естественный отбор по своей форме, стабилизирующим или движущим, он всегда решает одну-единственную задачу — *обеспечивает соответствие организмов конкретным требованиям среды*. Условия обитания, в которые вид может попасть не то что через миллион или тысячу, а просто через какую-то сотню лет, никаким образом не могут повлиять на механику действия «природного сита». Естественному отбору не дано предвидеть, что ждет в ближайшем, а тем более отдаленном будущем его детище — популяцию: все, что он умеет, только дать ей шанс выжить в данных, постоянных или постепенно меняющихся, условиях среды. Иными словами, отбор действует по принципу «здесь и сейчас», а эволюция вследствие этого оказывается, так сказать, «близорукой».

Этим, кстати, естественный отбор принципиально отличается от **искусственного**, с помощью которого человеком создаются многочисленные породы и сорта домашних животных и растений. Ведь когда селекционер начинает работу, он заранее знает, что должно


Породы домашних голубей

получиться в результате. Если, например, нужно вывести молочную породу скота, коровы будут отбираться по одним признакам, а если мясную породу — совсем по другим. Так что искусственный отбор «действует» как бы по заранее заданному плану; он, в отличие от естественного отбора, «дальнозоркий».

Если природный отбор «близорук», то откуда же берется прогресс? Эволюция живого начиналась с самых примитивных организмов, которые под действием отбора просто должны были бы наилучшим образом осуществлять свои функции — они и до сих пор их осуществляют. Так почему же эволюция не ограничилась «производством» миллионов видов прокариот, а возникли высшие формы жизни: травы и деревья, млекопитающие и птицы, человек, в конце концов?

Хорошие вопросы. Вечные вопросы. Вопросы, на которые, увы, ответов пока нет. Во всяком случае, теория Дарвина на них ответить не способна. Потому что отбор сам по себе не приводит к прогрессивной эволюции: он

«разводит» внутривидовые популяции, то есть сферой его приложения является **микроэволюция.** А прогрессивное развитие живых существ обеспечивается **макроэволюцией**, а там действуют иные механизмы. И в этом одна из глубочайших загадок всей биологической эволюции, о которой мы поговорим чуть позже.

«ВЕЛИКОЛЕПНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ»

Итак, весь процесс исторических преобразований живых организмов начинается с микроэволюции — с того, что под влиянием отбора (или без него) какая-то популяция обособляется и превращается в самостоятельный вид. Он отделяется от предка и ближайших сородичей, и, если ему будет сопутствовать удача, на эволюционном древе появится новый сильный побег и исторические преобразования перейдут в фазу макроэволюции. Но для того чтобы новые свойства, которые приобрел только-только зародившийся вид, не были потеряны для истории, они нуждаются в определенной защите. В какой? Конечно же, посредством **«великолепной изоляции»**.

Этим термином в международной дипломатии обозначается стремление какого-либо государства укрыться от всего остального сообщества «стеной» запретов, цензуры и прочих «прелестей» тоталитарного бытия. Но в такой политике нет ничего оригинального: задолго

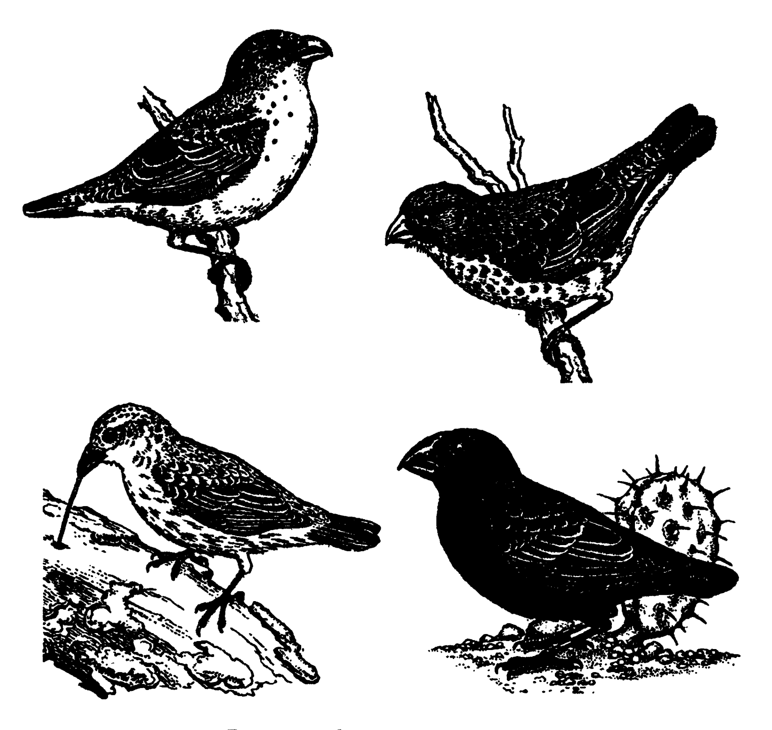
до появления человека изоляция была взята на вооружение живой природой. Таким способом она ограждает каждый из многочисленных видов, со всеми его специфическими приспособлениями, от всяческих вмешательств, способных разрушить гармонию видовых признаков.

Собственно говоря, потребность в «изоляционистской политике» возникает даже не после, а еще в процессе становления нового вида: не будь ее, особи как скрещивались свободно друг с другом, так и будут продолжать скрещиваться. Значит, для того, чтобы процесс освоения разных ниш завершился формированием разных видов, необходимы **изолирующие механизмы**, которые смогли бы препятствовать смешиванию популяций.

Самое простое, если нарождающиеся виды разделены какими-либо непреодолимыми физическими преградами: между ними возникает **пространственная изоляция**. Для наземных организмов это вода, для водных, наоборот, — суша. Вот почему на морских архипелагах, состоящих из многих небольших островов, чаще всего очень разнообразно видовое население: чуть ли не на каждом острове свои «собственные» виды птиц, ящериц, многих насекомых, цветковых растений. Причина в том, что особи какого-либо вида, попадая на новый остров, сразу же оказываются в изолированном положении, им не нужно ничего «изобретать» специально. Когда Чарльз Дарвин во

время своего знаменитого путешествия на корабле «Бигль» попал на Галапагосские острова, он был просто поражен многообразием и характером приспособлений живущих там вьюрков: именно тогда у него и созрела окончательно идея естественного отбора.

«Размежевание» видов может произойти и при отсутствии пространственной изоляции. Конечно, в данном случае задача оказывается значительно более сложной: ведь нужно воспрепятствовать скрещиванию особей, которые начали расходится по разным экологическим



Разновидности вьюрков

нишам, но продолжают фактически жить бок о бок. Но зато и решения могут быть самыми разными.

Одно из них — спонтанное увеличение числа хромосом. Оно нередко ведет к тому, что особи с разными хромосомными наборами просто утрачивают способность давать друг с другом жизнеспособное гибридное потомство.

Нередко природа вынуждена изощряться в «разведении» видов с помощью различных особенностей **полового поведения**. С одной стороны, она всячески старается сделать наиболее привлекательными друг для друга партнеров «своего» вида: **либидо**, или взаимное половое влечение, — основной стимул к формированию брачных пар у животных. Кто-то образует семью на всю жизнь, кто-то объединяется на один сезон размножения или даже только для однократного соития — природа не ведает «греха», все определяется особенностями видовой биологии; важно лишь, чтобы твой партнер был с тобой одной крови. С другой стороны, необходимо, чтобы особи разных видов не испытывали друг к другу никаких брачных устремлений: они должны быть «глухи» к позывам, исходящим от членов иного рода-племени.

...Весной, кажется, сам воздух напоен любовью и всякая тварь земная стремится найти себе подходящую пару, чтобы утолить свою страсть и продлиться в потомстве. В эту пору лес звенит от птичьего многоголосья: в гуще кустов над ручьем выводит свои коленца соловей,

на еловой ветке свистит на разные лады дрозд, в молодом ельнике зарянка звенит серебристым колокольчиком, а чуть заалеет утреннее солнце, березняк оглашают трели бесчисленных зябликов. У кого певческого таланта не хватает, тот издает иные звуки: дятел барабанит клювом о сухую ветку, бекас пикирует над лесом и «блеет» — это вибрируют перышки на его хвосте, на лесной опушке на токовище «чуфыкают» и наскакивают друг на друга иссиня-черные, с красными «бровями» красавцы тетерева. Под жарким солнцем на полянке кружатся в странном хороводе бабочки: по две, по трое, то соединяясь, то распадаясь, они плетут сложный узор разнообразных «па».



Поющий бюльбюль

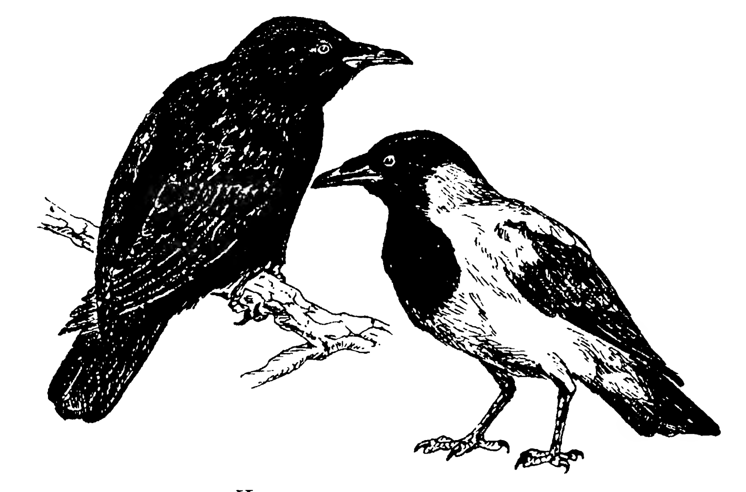
Вся это завораживающая красота имеет своей целью одно и то же: привлечь брачных партнеров своего вида и оставить ни с чем «чужаков». Звонкое теньканье синицы-московки оставляет равнодушной синицу-гаичку, брачные призывы травяной лягушки не понятны лягушке остромордой, смысл и последовательность воздушного танца бабочки-белянки не

умеет воспроизвести бабочка-лимонница. Этому же служит и бесконечное разнообразие окраски многих насекомых и птиц — чем она ярче и вычурнее, тем больше шансов, что тебя отметит своим вниманием самое желанное (на данный момент) существо. А самец **шалашника** — живущей в Австралии своеобразной птицы из отряда воробьиных — сам не очень яркий, украшает маленький пятачок под деревом, на котором он потом устроит гнездо, всевозможными завлекательными предметами — ракушками, цветочками, а если повезет, то и блестящим осколком бутылки, и все это на радость самочке.

Иногда способ поддержания изоляции между близкими видами остается для ученых «тайной за семью печатями». Так, во второй половине XX столетия большой сюрприз ученым-систематикам преподнесла обыкновенная полевка. Название «обыкновенная» ей было присвоено не зря: этот небольшой плодовитый грызун действительно один из самых обычных в Европе. Поселяясь на полях, полевка при высокой численности способна нанести значительный урон урожаю. Поэтому много времени и сил было потрачено на изучение ее биологии, чтобы научиться бороться с этим вредоносным созданием. Но вот как-то раз ученые-систематики исследовали ее хромосомы и были просто поражены: оказалось, что под общим внешним сходством кроются два совершенно разных вида, различающиеся числом

хромосом. Причем ни о каком «спонтанном» видообразовании речи быть не могло: характер хромосомных различий не давал повода думать о полиплоидном происхождении одного вида от другого. Дальнейшее изучение этих полевок принесло не меньший сюрприз: оказалось, что они ведут очень сходный образ жизни, живут по соседству, но никаких гибридов между ними пока не обнаружено. Так что, в отличие от ученых, которые так пока и не смогли обнаружить морфологических отличий между этими видами-*«двойниками»*, сами они очень даже хорошо друг друга различают.

Но, как известно, ни один механизм не способен работать без «сбоев». Вот и механизмы изоляции иногда не срабатывают, в результате чего в природе возникают **межвидовые гибриды**. Чаще всего они так и остаются единичными «ошибками» природы — стерильными и потому неспособными оставить после себя потомство. Например, заяц-тумак, который иногда попадается в лесах средней полосы, никакой не особый вид зайца, а просто гибрид между беляком и русаком. Иногда, если близкие виды «замещают» друг друга географически, то есть распространены в соседних регионах, на стыках их ареалов может возникнуть устойчивая **зона гибридизации.** Так произошло, например, с разными видами ворон: черная ворона живет в Западной Европе, серая ворона — в Восточной Европе, а в центральных европейских областях чаще



Черная и серая вороны

встречаются не сами эти виды, а гибриды между ними.

Особенно многочисленны межвидовые гибриды не у животных, а у растений, которые обычно не имеют изощренных механизмов репродуктивной изоляции. Поэтому в пойменных лугах частенько можно встретить разнообразные ивы или одуванчики не только, так сказать, в «чистом виде», но и в гибридном. Порой ботаники голову ломают над тем, как правильно классифицировать тот или иной растительный организм, настолько «размытыми» оказываются видовые признаки из-за постоянной гибридизации.

Иногда биота обращает эти «ошибки» себе на пользу, каковая состоит в увеличении видового многообразия. Это случается, когда межвидовые гибриды — если они, конечно, способны к

размножению — дают начало настоящим новым видам. На эволюционном древе это выглядело бы, наверное, как «слияние» двух концевых веточек. Отличие в том, что при таком **«сетчатом видообразовании»** родительские виды (те самые концевые веточки) почти никогда не исчезают: просто вместо двух видов получается три — и оба сохранившихся родительских, и гибридный. Причем самые что ни на есть обычные виды, в отношении которых никто до недавнего времени даже не подозревал никакого «подвоха», при подробном изучении оказались именно такими гибридами.

Например, совсем недавно было открыто и стало настоящей научной сенсацией гибридное происхождение всем известной так называемой съедобной лягушки. Она повсеместно встречается в водоемах Европы, ее задние лапки являются лакомством для многих франкоязычных европейцев. Так вот, этот вид возник около 5000 лет назад в результате гибридизации между двумя разными видами лягушек — прудовой и озерной. Трудно сказать, как сия история сказалась на ее вкусовых качествах: пока что не выяснялось, какой из этих трех видов квакушек вкуснее. Что же касается ученых, то они до сих пор ломают голову над тем, как гибридному виду удается поддерживать свой самостоятельный статус: ведь его ареал почти полностью совпадает с областью распространения одной из прародительниц — лягушки прудовой.

ПРИРОДА НЕ ДЕЛАЕТ СКАЧКОВ?

В том, как понимают «скачки» в эволюции сторонники разных эволюционных теорий, издавна существуют две диаметрально противоположные точки зрения.

Согласно одной из них, все исторические изменения в строении организмов происходят именно «скачками», малыми или большими. Весомым доводом в пользу этой точки зрения нередко считалось (да и по сей день считается) отсутствие переходных форм между основными подразделениями естественной системы — типами. Дело оставалось за малым: нужно было найти механизм «эволюционных скачков» — **сальтаций**. Поначалу эта теория черпала вдохновение в библейских легендах о сотворении мира. Например, знаменитый палеонтолог Ж. Кювье, работавший на рубеже XVIII–XIX столетий и впервые открывший «разрывы» в палеонтологической летописи (это когда одни ископаемые формы «вдруг» приходят на смену другим), был убежден, что разрывы эти свидетельствуют о многократных актах божественного творения.

Потом ссылаться на Библию в научных кругах стало неприлично: уже были известны гены, да и теория естественного отбора набрала силу. Тогда придумали теорию **«макромутаций»**: якобы у какой-то одной особи вдруг резко меняется какой-то важный признак, и она, единственная, становится родоначальником

нового вида, семейства, класса или даже типа. Например, у какой-то из многоножек вдруг образовались только три пары ног — она-то и стала первым насекомым, от которого произошло все разнообразие этого класса. Такие «макромутанты» были образно названы «многообещающими уродами». И вправду, с точки зрения существующей видовой нормы они действительно являются «уродами»; что же до их «обещаний», то многое определяется средой: сумеют выжить и оставить потомство — хорошо, нет — никто не виноват, отбор есть отбор.

В противовес теории сальтаций разрабатывалась так называемая **синтетическая теория эволюции**, очень популярная в середине XX столетия. Она утверждает, что все изменения в эволюции происходят на основе постепенного накопления большого числа **малых мутаций**, так что никаких крупных скачков-«революций» в истории биоты быть не может. Разумеется, в популяциях действительно могут время от времени выщепляться «макромутанты», но они, как показывает медицинская практика, почти всегда гибнут. Да и не может единственная особь положить начало новой эволюционной ветви: нужны партнеры по размножению — такие же «уроды», а все вместе они должны основать обособленную популяцию, которая станет новым видом, с него-то все и должно начаться.

Что же может объединить эти две крайности? Имеют ли значение макромутации для

эволюции, а если имеют, то как они проходят мелкое «сито» естественного отбора? Чтобы ответить на эти вопросы, давайте сначала рассмотрим несколько примеров.

В растительном, реже животном мире есть близкие виды, резко различающиеся числом хромосом, причем эти различия очень закономерны: они кратны некоторому числу. Например, у разных видов хризантем в кариотипе бывает 18, 27, 36 и так далее — вплоть до 90 — хромосом: их число всегда кратно 9. А у табака число хромосом составляет 24, 48 и 72, то есть кратно 12. Такие организмы, у которых количество хромосом удвоено, утроено, учетверено (и так далее) по сравнению с исходным, называются **полиплоидными**. Понятно, что подобное спонтанное кратное увеличение числа хромосом иначе как макромутацией не назовешь. Если такие «скачкообразные» изменения кариотипа не слишком редки, то полиплоидные особи, раз за разом выщепляясь в «нормальной» популяции, вполне могут встретиться друг с другом и, размножаясь, дать начало новому виду. А у растительных организмов такое «скачкообразное» формирование нового вида и вовсе облегчается благодаря самоопылению. Так что, получается, по крайней мере некоторые макромутации — но не единичные, а достаточно частые — могут участвовать в эволюционном процессе, давая начало новым видам.

А вот вам еще факт, на этот раз экспериментальный. На самых обыкновенных тлях



Тли на листе

проводили опыты по отбору на предпочтение определенного вида кормового растения. И оказалось, что всего за несколько лет произошла совершенно классическая дивергенция: сформировались две самостоятельные популяции тлей, которые между собой не смешивались (возникла репродуктивная изоляция) и питались каждая на своем любимом растении. То есть за столь короткий срок, пусть даже в

искусственных условиях, удалось «смоделировать» настоящее видообразование, причем очень быстрое.

Теперь давайте уточним, что же это такое — «скачок» в эволюции видов? Время существования вида — чаще всего несколько миллионов лет (есть и виды-долгожители, их возраст измеряется многими десятками миллионов лет). Переход же от одного вида к другому в природе занимает несколько тысяч — хорошо, пусть несколько десятков тысяч — лет, то есть в любом случае во много раз короче. Можно ли считать такой переход «скачком»? А это уж как посмотреть.

Вспомним, о чем мы говорили в самом начале книги, — об открытых неравновесных системах. Каждая такая система — в их числе и биологический вид — весьма консервативна: будучи приспособленной к определенным условиям существования, она не очень-то склонна меняться. Все хорошо, пока эти условия остаются постоянными; но вот среда обитания изменилась — как поведет себя система? Она поначалу будет пытаться, насколько позволяет пластичность, сохранить свой «статус-кво», то есть по мере возможности по-прежнему не меняться. А если это не удастся, то система... Система либо погибнет, либо достаточно быстро перестроится в соответствии с новыми требованиями среды, приобретя иное качество: это и будет «скачкообразным» переходом нашей гипотетической системы из одного устойчивого

(«равновесного») состояния в другое. То есть вид либо вымрет, либо за ограниченный (по историческим меркам) отрезок времени даст начало новому виду, изменив свои экологические предпочтения и связанные с ними признаки.

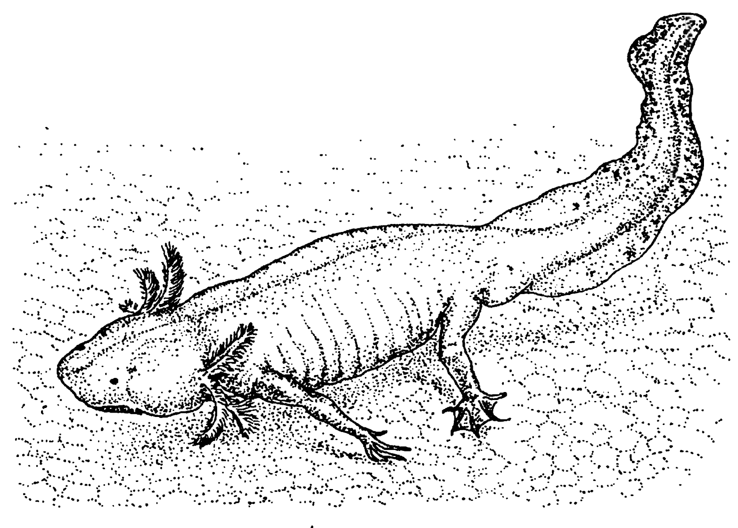
Как видите, подобный «эволюционный сценарий» соединяет в себе обе точки зрения — и постепенность, и сальтационизм. С одной стороны, переход от одного вида к другому действительно происходит постепенно, как то и предполагает теория естественного отбора. С другой стороны, этот переходный период оказывается много короче, чем время существования каждого из видов — и предка, и его потомка, так что можно говорить о некоем подобии «скачка». Так и получается та самая «цепочка» видов, о которой вы читали в главе о происхождении жизни: несколько миллионов лет спокойного существования одного вида, затем, если среда обитания к тому обяжет и свойства вида позволят, «прыжок» протяженностью в несколько тысяч лет. Затем опять длительный период «равновесия» уже нового вида с самим собой и своей средой.

Здесь мы разобрали «скачкообразное» видообразование — быстрое превращение одного вида в другой. А как возникают группы более высокого ранга — отряды, классы, типы? Конечно, время их становления гораздо более протяженное, чем видов: достаточно вспомнить нашу аналогию между эволюцией и разбегом прыгуна. Но эта же аналогия подсказывает, что и

здесь не обходится без «скачков», только «скачки» эти несколько иного рода, более масштабные.

При видообразовании происходит освоение «соседней» экологической ниши, для чего бывает достаточно изменить, например, строение одного зуба или форму крыла. А новый отряд, класс или тем более тип — это проникновение в иную адаптивную зону, для чего иногда нужно перестроить весь организм. Разве превращение зверька, похожего на землеройку, в летучую мышь, пусть даже постепенное, через многие промежуточные стадии, — это не «эволюционный скачок»?

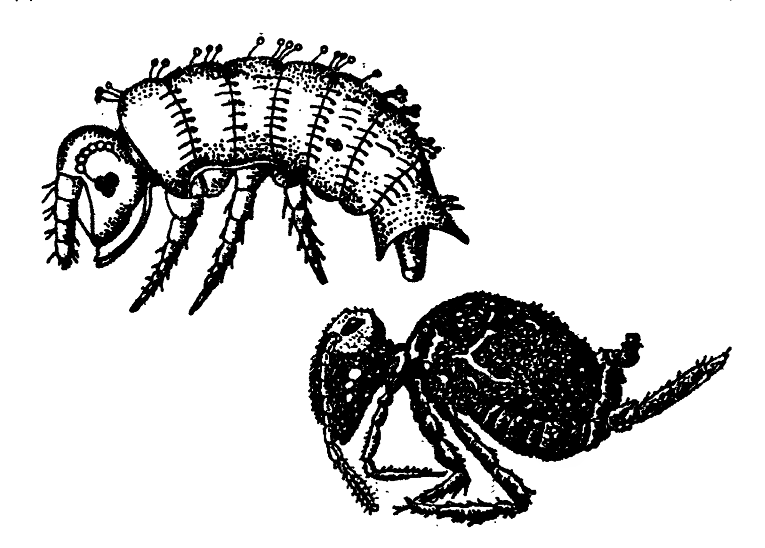
Рассмотрим упомянутый пример с «происхождением» шестиногого насекомого сразу из многоножки: как это ни покажется странным,



Аксолотль

в нем нет ничего неправдоподобного. Дело в том, что личинки у некоторых многоножек имеют только три пары ног — и ни одной больше! Но ведь для некоторых животных хорошо известны случаи, когда личиночная стадия развития берет на себя некоторые функции взрослого организма, в том числе способность размножаться: таковы, например, хвостатые амфибии — аксолотль и сирен.

Значит, можно предположить, что насекомые действительно произошли от многоножек, но только их предками были не взрослые, а личиночные формы. Небольшие, с укороченным телом, они, наверное, в условиях наземной жизни приобрели преимущества перед длинными извилистыми многоножками и,



Личинка многоножки полидесмус (вверху) и коллембола (внизу)

подхваченные отбором, пошли самостоятельным эволюционным путем. И ведь что интересно: среди наиболее архаичных бескрылых насекомых, живущих в почве — там, где обитают многоножки, — есть такие, которые действительно очень похожи на шестиногих личинок многоножек, — например, коллемболы.

Вот вам пожалуйста: произошло резкое, «скачкообразное» расхождение двух классов наземных членистоногих, но на основе не редких макромутаций-«уродов», а разных фаз индивидуального развития.

«ЗАКОН СУРОВ...»

«...Но это — закон!» И потому в живой природе все ему подчинено, от биоты в целом до отдельных организмов. В отличие от человеческого общества, в биоте только «законопослушные граждане» имеют шанс на успех и на выживание.

Возьмем, к примеру, устройство природного сообщества. В самом начале, как вы помните, речь шла о том, что его развитие подчиняется законам синергетики, тогда как второй закон термодинамики остается как бы «не у дел». Но неужели физики, считая его универсальным, подчиняющим себе всю Вселенную, так жестоко ошибаются? Оказывается, нет: ему всецело подчинено функционирование сообщества, особенно организация пи-

щевых цепочек. Уж здесь-то этот закон полностью «отыгрывается» на биоте, безоговорочно диктуя ей характер движения потоков энергии.

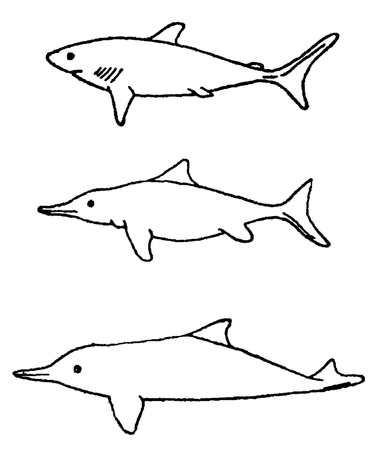
Действие этого закона в данном случае состоит в том, что ни в одном из звеньев пищевой цепочки энергия не может возрастать, она только тратится на жизнедеятельность организмов. Поэтому больше всего ее в начале цепочки и меньше всего — в конце. А поскольку в живых существах энергия запасена в форме органических соединений, то само собой получается, что общая масса всех «производителей» энергии — **продуцентов** — больше, чем ее «потребителей» — **консументов**.

Это значит, что если сложить вместе все деревья, кустарники и травы, то они в сумме будут весить больше, чем все травоядные животные, а те — больше, чем все охотящиеся на них хищники. Получается своего рода **«пищевая пирамида»**: в ее основании лежат фотосинтезирующие организмы — их больше всего, а на самой вершине хищники — их меньше всего.

Не менее «законопослушны» и живые организмы, когда приспосабливаются к жизни в той или иной адаптивной зоне. В первую очередь они подчинятся определенным физическим свойствам среды: ни животные, ни растения просто не могут их игнорировать. Сила тяжести, плотность воздуха или воды, их «проницаемость» для света и звука, законы

механики — все это, взятое вместе или по отдельности, не в последнюю очередь определяет форму и размеры тела, строение уже имеющихся и появление новых органов, развитие особых функций.

Очевидно, что эта «законопослушность» служит одной из мощных направляющих сил биологической эволюции, создавая видимость подчинения ее некой определенной «цели». Причем чем более жестко физический закон «диктует» свои условия, тем более **направленной** получается эволюция и тем более сходным у порой совершенно разных живых существ может получиться строение тех органов, с помощью которых данная среда обитания осваивается. Поэтому по внешнему облику можно почти безошибочно судить о том, где и как обитает то или иное животное. Совершенная обтекаемая форма тела у дельфинов, ихтиозавров и акул, крылья у **насекомых** и наземных **позвоночных**, «лягушачьи» лапы у самых разных полуводных зверей и птиц — все это хорошо известные примеры **конвергенции**, вызванные необходимостью



Конвергенция формы тела у акулы, ихтиозавра и дельфина

4*

приспосабливаться к определенным, довольно жестким требованиям среды обитания.

Один из универсальных законов, которому вынуждены подчиняться живые существа, — закон всемирного тяготения. Он кладет предел росту позвоночных животных, и даже запас прочности скелета их не спасает. Действительно, чтобы увеличивать массу тела, сухопутному животному нужно непременно укреплять свой «несущий каркас»: если кости останутся тонкими, то они просто будут все время ломаться под тяжестью мышц и внутренностей. Но ведь с прочностью костей увеличивается и их массивность — в результате исполинскому животному просто не будет хватать сил, чтобы переставлять по земле свои же собственные ноги, сила тяжести будет невыносимо давить его. Так или иначе, сухопутный гигант в конце концов утратит возможность самостоятельно двигаться — стремление становиться все больше и больше заведет его в «эволюционный тупик».

Обратите внимание: самые большие животные — это, как правило, обитатели вод. Среди зверей, например, крупнее всех некоторые ластоногие (морж, морской слон), но особенно сирены и исполины-киты, их вес может быть в десятки тонн и больше. Одна из основных причин в данном случае — действие закона Архимеда. Вспомним: на тело, погруженное в воду... Так что киту, плавающему

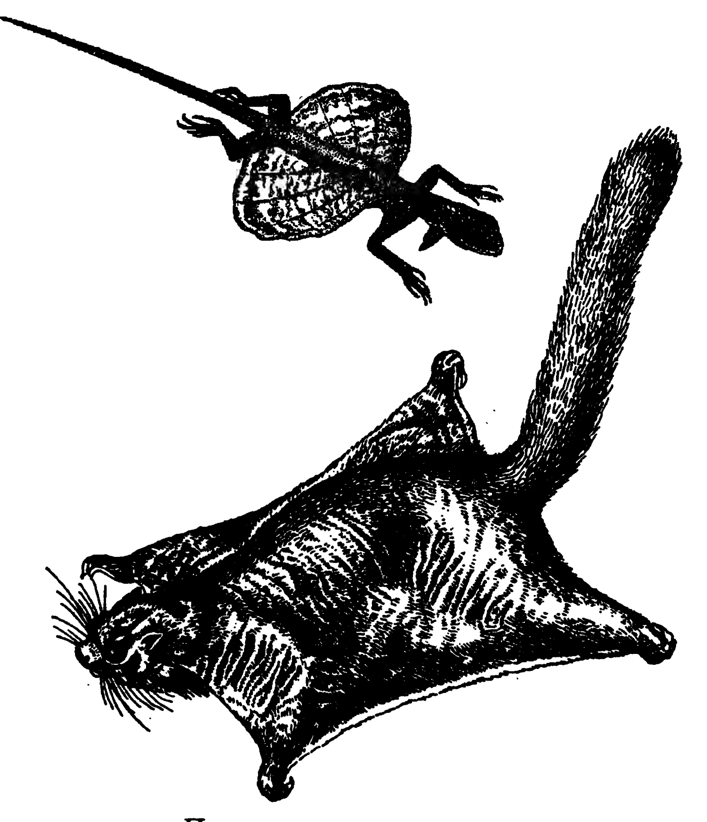
в морской пучине, не нужно бороться с силой тяжести, не нужно поднимать свое тело над поверхностью земли, чтобы передвинуть его из одной точки пространства в другое. Поэтому у морских млекопитающих не только все тело, но и отдельные кости массивнее, чем у наземных: нет нужды изощряться в совершенствовании трубчатых конструкций, которые были бы одновременно и прочны, и не слишком тяжелы.

Правда, «не бывает правил без исключений»: вымершие гигантские динозавры по размерам мало чем уступали китам. Ученых поначалу это ставило в тупик: как же так, ведь законы физики нарушаются! Но затем они нашли хитроумный выход из положения: просто предположили, что диплодоки, например, жили в озерах — все тело в воде, только голова торчит, словно перископ подводной лодки. Так что и на этих гигантов, возможно, распространялся закон Архимеда.



Диплодок

Еще суровее закон тяготения обходится с желающими полетать. Прежде всего, он требует



Планирующие животные:
ящерица — летучий дракон и летяга

для освоения воздушной среды наличия какой-либо «несущей поверхности». И она всякий раз непременно появится в ходе эволюции: крыло птицы или насекомого, боковая складка тела у белки-летяги или у ящерицы — летучего дракона, да и «зонтик» у плода одуванчика — та же несущая поверхность. Но это не все: из-за этого закона допустимые размеры у летающих животных гораздо меньше, чем у ходящих по



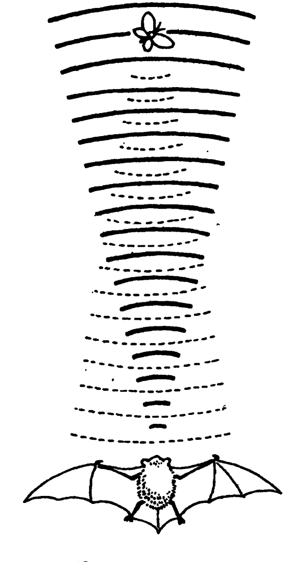
Охота летучей мыши

земле: физики посчитали, что ни птица, ни летающий ящер-птерозавр не могут весить свыше 50–70 килограммов, на большее им не хватит сил. Так что у легендарной «птицы Рух» не то что слона поднять в воздух, самой-то взлететь не получится. Но вот какая «неувязка» получается с птицами: самые крупные из них хоть и не летающие, а бегающие — страусы и вымершие эпиорнисы, но ведь и не плавающие! Как вы думаете, почему?

Быть «законопослушным» — это не всегда только безропотно следовать диктату закона. Иногда это позволяет «приручить» сам физический закон, поставив его себе на службу. Именно так поступили летучие мыши, научившиеся использовать **эхолокацию** при ловле добычи.

Долгое время люди поражались способности летучих мышей ориентироваться в полной темноте. Зверьков запускали в комнату, где часто-часто были натянуты проволочки с колокольчиками, готовыми отозваться мелодичным звоном на малейшее касание, — колокольчики молчали. Рукокрылым залепляли глаза — зверьки продолжали ловко лавировать между преградами. И только когда им залепили ушки, раздался перезвон — юркие летуны перестали чувствовать проволоку. Тогда-то и родилась догадка: летучие мыши «видят» во тьме ушами. Окончательно разгадка была получена, когда в комнату поместили прибор, принимающий и усиливающий ультразвуки.

Вам, наверное, приходилось слышать свое эхо. Не правда ли, возвращенный вам ваш же голос звучит совершенно по-иному в лесу и в горах? Знающему человеку раскаты грома, перекатывающиеся по небу после вспышки молнии, многое могут «рассказать» про облака. Это потому, что оглушительный треск невероятной силы электрического разряда разные облака по-разному и отражают. Так вот,



Эхолокация у летучих мышей

летучие мыши ориентируются в пространстве, слушая отраженное от самых разных предметов свое собственное эхо. Только звуки они испускают столь высокой частоты, что для их регистрации нужны специальные приборы. Все дело в том, что (это уже работают законы физики) чем выше частота звука, тем больше информации о конфигурации того или иного предмета несет с собой отраженная звуковая волна. Поэтому у летучих мышей частота этих звуков составляет 30–70 килогерц: для сравнения можно указать, что, например, человек не может ни воспроизводить голосом, ни воспринимать звуки частотой выше 20 килогерц. Отражаясь от препятствия, голос летящего зверька возвращается к нему своеобразным «эхом». А тому остается по характеру отраженной звуковой волны определить, то ли впереди препятствие — и тогда успеть увернуться, то ли насекомое — и тогда сманеврировать и схватить добычу.

В полете во время охоты летучая мышь постоянно прислушивается к шуму, которые издают крылья порхающих в воздухе насекомых. В этот момент она лишь время от времени испускает слабый ультразвук, особенно не напрягая ни свои голосовые связки, ни уши. Так что крылатый охотник чем-то напоминает идущую охотничьей тропой лисицу, чутко вслушивающуюся в лесные шорохи. Но вот постоянно настороженное ухо «донесло»: на расстоянии 2–3 метров появилась возможная

добыча. Тут же на полную мощь включается ультразвуковой эхолокатор, зверек начинает преследование, крутясь в воздухе вслед за пытающейся ускользнуть жертвой. Перед решающим броском, когда охотника и его добычу в ночном воздухе разделяют считанные сантиметры, «треск» летучей мыши превращается буквально в истеричный «визг», настолько высоки и часты следующие один за другим звуковые импульсы. Пойманная добыча тут же на лету съедается, и зверек опять переходит в режим спокойного «крейсерского» полета.

Столь изощренный способ ориентации в пространстве и охоты доступен еще и многим дельфинам. Зрение у этих морских зверей совсем никудышное, поэтому они обнаруживают в воде предметы, испуская и воспринимая ультразвуки, состоящие из серии очень коротких, в десятые-сотые доли секунды, импульсов. Специальные опыты показали: подвешенный в бассейне белый шарик диаметром около сантиметра дельфин видит на расстоянии не более 3 метров, а «слышит» благодаря эхолокации за 10–13 метров. Но это далеко не предел: в открытом море стая афалин как-то обнаружила барьер из алюминиевых труб за 350 метров! В воде с помощью зрения это невозможно сделать даже теоретически, так что остается предполагать одно: дельфины пользовались эхолокацией!

ЗА ВСЕ ПРИХОДИТСЯ ПЛАТИТЬ

Как вы думаете, что проще и дешевле изобрести, построить и заставить бесперебойно работать — водяную мельницу или атомную электростанцию? Ответ, наверное, очевиден, конечно же, водяную мельницу. Но коли так, почему же будущее не за крутящимся в воде колесом, а за ядерным реактором? Да потому, что атомная электростанция гораздо мощнее, а ведь прогресс человечества всегда был связан с потреблением все большего и большего количества энергии. Но за все приходится платить: все возрастающие потребности людей в энергии «оплачиваются» и дорогостоящими экспериментами по изучению строения вещества, и затратами на постройку самих станций, на добычу и переработку руды, да и повышенным риском радиационного заражения.

В точности так же происходит в эволюции и с живыми организмами. Их «усовершенствование» всегда так или иначе связано с увеличением энергетических затрат на поддержание жизнедеятельности. И они тоже вынуждены «платить» особым образом за этот свой прогресс.

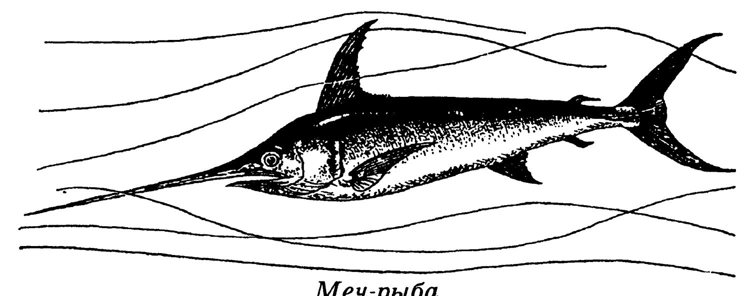
Одним из наиболее серьезных эволюционных «завоеваний» у высших позвоночных — птиц и млекопитающих — стало обретение ими теплокровности. Впрочем, сразу следует оговориться: это привычное для многих понятие не совсем правильное. На самом деле



Спящий суслик

некоторые теплокровные звери в определенные периоды жизни — например, суслик во время зимней спячки — остывают довольно сильно, чуть ли не до нулевой температуры. С другой стороны, так называемые «холоднокровные» способны разогреваться во время активной мышечной работы. Например, у бабочки-бражника во время полета температура тела поднимается до +35°, а у меч-рыбы при очень быстром плавании и того выше — почти до +40°.

Поэтому правильнее говорить не о тепло- или холоднокровности, а о способности или неспособности поддерживать относительно постоянную температуру тела в меняющихся условиях среды. Тех животных, коих природа



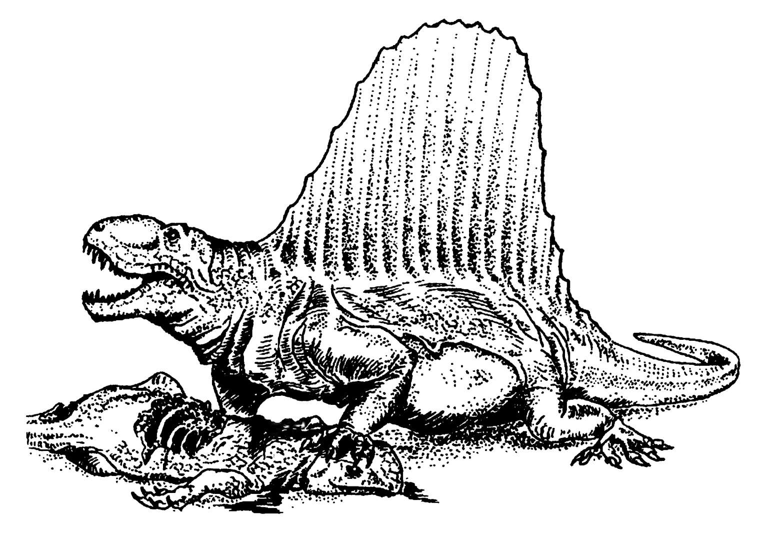
Меч-рыба

наградила такой способностью, принято называть **эндотермными**: это значит, что источник тепла находится внутри самого организма. Соответственно, обделенных этим качеством животных называют **эктотермными**: у них источник тепла — наружный, так что они в большей степени зависят от внешних условий.

Необходимость в постоянной и достаточно высокой температуре тела вызвана тем, что некоторые жизненно важные биохимические и физиологические процессы наиболее эффективно протекают лишь при определенной, причем достаточно высокой температуре. Например, для того чтобы быстро сокращались мышцы, благодаря которым приводится в движение все тело животного, их собственная температура должна быть не ниже +15°–25°. Вот, оказывается, почему нередко можно увидеть ящерицу-круголовку, которая лежит распластавшись на песке, словно купаясь в солнечных лучах. Конечно же, греясь на солнышке, она наверняка получает несказанное удовольствие; но и не только. Именно таким способом

эта «холоднокровная» рептилия может «подзарядить» свое тело теплом, необходимым для того, чтобы резким броском поймать добычу или, наоборот, удрать от преследователя. А вот уже упоминавшийся бражник, даром что насекомое, оказался умнее ящерицы: он научился не ждать милостей от природы, а обходиться «внутренним ресурсом». Проснувшись поутру где-нибудь на ветке боярышника, бражник сначала мелко-мелко дрожит всем телом, прежде чем взлететь: это он «прогревает» свой «моторчик», гоняя «на холостых оборотах» грудные мышцы, которые приводят в действие распростертые крылья.

Каким образом могла сложиться теплокровность млекопитающих? Их предки — зверподобные рептилии — еще не могли поддерживать постоянную температуру тела. Подобно тем же ящерицам, они поутру вылезали на солнце и, лишь набравшись достаточно тепла, отправлялись на поиски пищи. Среди них были пеликозавры, у которых для улавливания жарких солнечных лучей даже развился широченный гребень на спине — настоящая «солнечная батарея». После разогрева тело этих достаточно крупных (с собаку и даже больше) рептилий некоторое время «по инерции» сохраняло высокую температуру. Ее хватало для того, чтобы поймать и съесть какое-нибудь мелкое животное или повстречаться с подругой для продления рода. Но затем запас тепла иссякал, и опять нужно было замирать на солнце, расправив гребень, — «подзаряжаться».



Пеликозавр

Очевидно, что чем дольше рептилия могла вот так, «по инерции» сохранить тепло, тем больше преимуществ она получала: ведь от этого зависела вся ее прыть и, следовательно, безопасность. Одни из древних ящеров так и поступали: учились как можно дольше сохранять температуру, полученную при нагревании под лучами солнца. Кстати, этим отчасти объясняются и гигантские размеры некоторых из них: по законам физики, чем больше тело, тем медленнее оно теряет тепло. Но другие рептилии пошли по иному, поистине «революционному» пути: за долгие миллионы лет эволюции у них выработались особые механизмы, обеспечившие выработку тепла в «автономном режиме». Так постепенно «эктотермные» рептилии стали «эндотермными» млекопитающими.

Конечно же, это открыло зверям широчайшие эволюционные возможности. Прежде всего, они проникли в несвойственные рептилиям регионы с холодным климатом и продолжительной холодной зимой. Многие из них превратились в ночных животных, что тоже немаловажно: ведь в темное время суток, пока остывшие хищные рептилии дожидались утреннего солнца, можно было с меньшей опаской бродить по лесам. Наконец, благодаря эндотермии древние млекопитающие смогли уменьшиться в размерах — и опять-таки оказались менее доступными для тех же хищных динозавров. Таким образом, примитивные звери не только стали активнее своих холоднокровных предков, но и успешно ушли от преследования со стороны царивших в то время крупных ящеров.

Но... «за все приходится платить». За эндотермию отвечает главным образом так называемый **«основной обмен»** — сложная совокупность физиологических и биохимических процессов, протекающих в тканях и клетках. У млекопитающих интенсивность обмена веществ намного выше, чем у рептилий сходных с ними размеров. А что такое способность вырабатывать тепло, как не особая работа всего организма животного? Но ведь работа связана с расходованием энергии и требует восполнения ее трат извне: в этом смысле организм теплокровного животного — тот самый «чайник», который требует постоянного подогрева

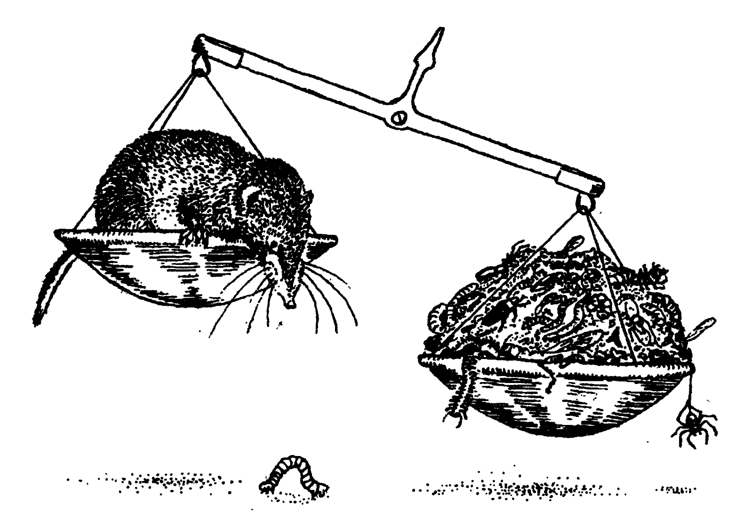
(если вы помните, об этом шел разговор в самом начале книги). Как же можно восполнить потраченную «внутреннюю» энергию? Очевидно, только съев определенное количество пищи — она как раз и служит «топливом» для подогрева животного-«чайника».

Получается парадокс: эндотермные млекопитающие оказываются столь же зависимыми от внешних источников энергии, как и эктотермные рептилии. Только энергия эта поступает в организм в иной форме — не как солнечное тепло, а вместе с пищей. Выгода здесь может быть лишь в том, что солнышко на небе светит далеко не всегда, а до пищи можно добраться и в ночное время, пусть даже изрядно побегав за ней (и, между прочим, потратив на это массу энергии). Как бы там ни было, с энергетической точки зрения быть «эндотермным» животным, оказывается, не совсем выгодно — хотя бы потому, что приходится намного чаще и больше есть.

В это трудно поверить, но у эндотермных животных калории, поступающие с едой в организм, идут главным образом на поддержание именно основного обмена, поддерживающего нужную температуру тела: не менее 90% потребляемой пищи «сжигается» в «тепловой печи» организма. У эктотермных же на это расходуется лишь около 20% пищевых калорий, остальное пополняется из внешних источников тепла. Поэтому у зверей и птиц суточный рацион в среднем значительно больше, чем у

рыб, земноводных и пресмыкающихся. Так что, наверное, выгоднее разводить карпов, а не куриц: кормя хохлушек, мы пускаем значительную часть средств «на ветер» — попросту «обогреваем Вселенную».

Среди самих млекопитающих разный по интенсивности обмен веществ также требует разного восполнения энергетических затрат. Причем здесь есть определенная связь с размерами: чем мельче животное, тем активнее должен быть у него обмен веществ для поддержания нужной температуры тела и тем больше он потребляет пищи на единицу собственного веса. Например, слону, весящему около пяти тонн, в сутки нужно съесть растительных кормов около 150 килограммов: казалось бы, как много, а на самом деле всего-то около трех процентов своего



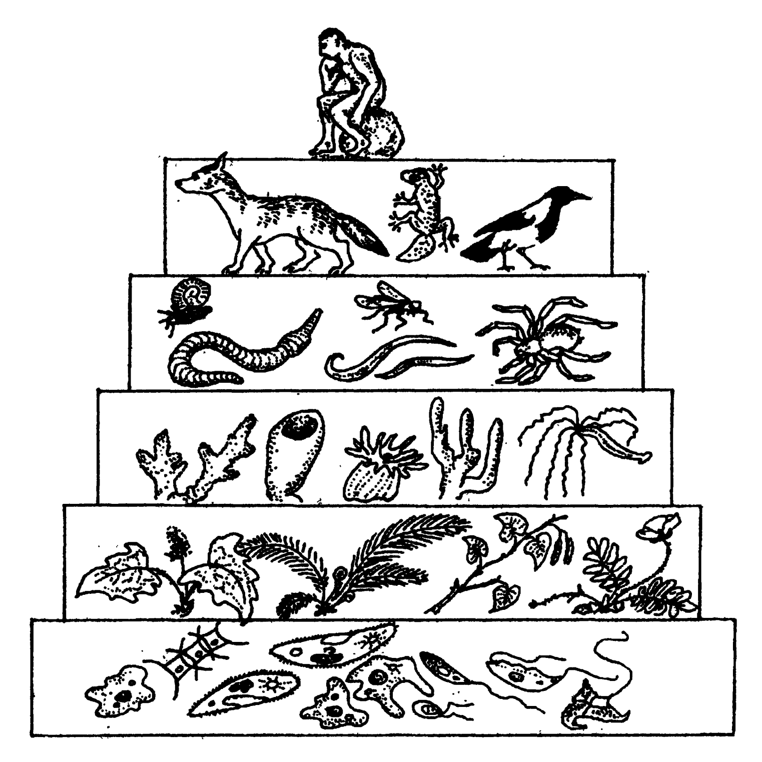
Землеройка с едой на весах

веса. А вот землеройка, весящая 5–10 граммов, за сутки потребляет насекомых и других беспозвоночных столько же, сколько весит сама, или даже еще больше. Крохотный зверек, обитающий в густом переплетении корней и трав, почти непрерывно находится в поисках чего-либо съедобного: поймает, съест, немного поспит — и опять в путь за пищей насущной. Вот уж воистину — живет, чтобы есть, а ест, чтобы не остыть.

КУДА ТЕКУТ ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПОТОКИ?

«Человек есть мера всего сущего» — это изречение древнегреческого философа Протагора на многие века определило мировоззрение многих ученых-естествоиспытателей. «Очеловечивая» природу, они в первую очередь приписывали ей стремление к некой «высшей цели».

Разве художник, рисуя картину, не руководствуется определенной идеей — ну, хотя бы желанием изобразить в красках свое представление о натуре? И не от того ли, насколько полно эта идея воплощена на холсте, мы судим о совершенстве произведения искусства? Точно так же и все происходящее в живой природе, как были уверены последователи Протагора, управляется неким «предначертанием», некоей «целью», к которой стремится всякое сущее живое. Соответственно этому весь ход



«Лестница совершенствования»

эволюции представлялся им как целенаправленное движение по **«лестнице совершенствования»**, от низших существ к высшим. В ее основании были простейшие, затем шли растения, за ними — «зоофиты» (вы уже знаете, что это такое), за ними — животные, а вершил все, само собой разумеется, человек.

Но по мере изучения живой природы становилось все яснее: организмы столь разнообразны, что никак не могут быть размещены в ряд на общей «лестнице-чудесинице». Соответственно

идею «единой цели» заменила дарвиновская теория **дивергентной эволюции**: разные группы организмов «расходятся» в разных направлениях от общих предков. Казалось бы, это должно было безоговорочно «упразднить» идею и единой цели, и общего прогресса в историческом развитии живых существ. И, между прочим, вездесущие физики — поклонники «теории всеобщего чайника» (коли вы забыли, что это такое, вернитесь к началу книги), пытаясь навязать свое мнение биологам, одно время всерьез уверяли, что прогресса вообще быть не может. По счастью, биологи в очередной раз им не поверили. Почему? Да по очень простой причине: ведь дивергенция — лишь одна сторона той «медали», другой стороной которой является **конвергенция**, то есть сходство неродственных организмов. А что такое конвергенция как не движение в какую-то одну сторону — можно сказать, к единой «цели»?

Так есть у эволюции «цель» или нет? И что такое «прогресс» в живой природе? Чтобы попытаться ответить на эти сложнейшие и, можно без преувеличения сказать, основополагающие для всей биологии вопросы, давайте вспомним, о чем мы говорили в самом начале книги.

Биота возникла и развивалась как неравновесная система, входящая в общий круговорот вещества и энергии в природе. И все организмы (кстати, тоже неравновесные системы) появились и развивались как средство упорядочения

энергетических потоков. Отсюда вытекают два ключевых свойства живых систем, над совершенствованием которых и «трудился» эволюционный процесс. Одно из этих свойств — *устойчивость* систем, то есть их способность противостоять тому разрушительному воздействию внешних сил, который олицетворяет собой известный вам второй закон термодинамики. Второе свойство — способность все более *эффективно* «утилизировать» вещество и энергию. И все это «накладывается» на присущую неравновесным системам тенденцию к усложнению, дифференциации по мере их развития.

Теперь мы можем смело указать, что же является «стратегическим направлением» биологической эволюции: во-первых, совершенствование способов «утилизации» вещества и энергии; во-вторых, повышение устойчивости живых систем — биоты в целом, отдельных природных сообществ, организмов — за счет их дифференциации и интеграции (одно без другого невозможно). Тем самым естественным образом, как один из общих законов природы, выводится и *критерий прогресса живых существ:* чем эффективнее создание природы «подчиняет» себе эту природу, «экспортируя» в нее свою энтропию и за счет этого повышая свою собственную устойчивость, тем оно прогрессивнее.

С этой точки зрения (и без всяких кивков в сторону древнегреческих мудрецов) человек действительно получается «вершиной» эволюции биоты. Ведь он научился извлекать и

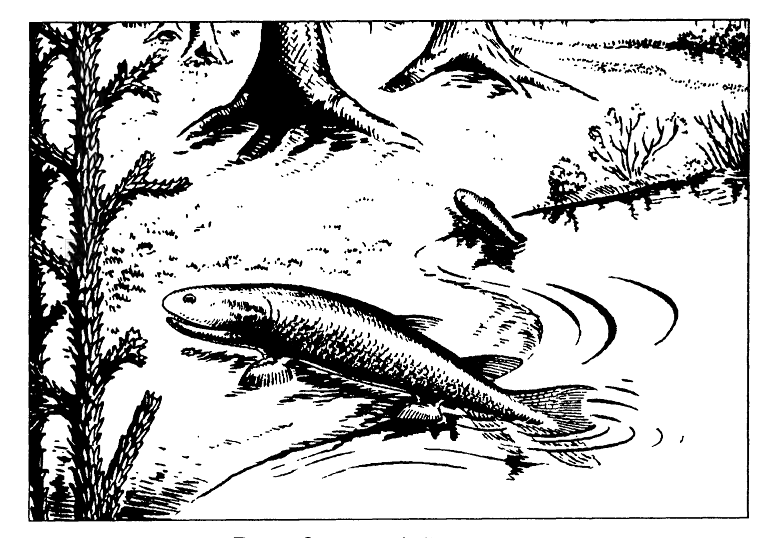
использовать для своих нужд ископаемое топливо (нефть, уголь, торф), которые до него оставались захороненными под толстым слоем горных пород и поэтому «выключенными» из природного круговорота. А по многообразным способам обеспечения устойчивого развития как отдельных индивидов, так и общества в целом, человек вообще не имеет себе равных на Земле.

Можно ли на этом основании, пусть хотя бы в самых общих чертах, сравнивать и ранжировать организмы по степени их прогрессивности? Несомненно — ведь ключевой характеристикой будет их сложность и целостность. Сравните коацерватную каплю с бактерией, бактерию — с инфузорией, губку — с рыбой: наверняка вы сами без колебаний решите, кто из них прогрессивнее, кто выше по уровню развития. Конечно, бывают и более сложные ситуации. Например, как вы думаете, можно ли считать прогрессом утрату членистоногими и моллюсками метамерной расчлененности, свойственной их предкам — кольчецам? Наверное, да: ведь это связано с усилением дифференциации (то есть сложности) и, как следствие, целостности организма названных беспозвоночных животных.

Что же получается, что древние были правы и «лестница совершенствования» все-таки существует? Да, но только отчасти. Почему? Дело в том, что из-за дивергентного характера эволюции для каждой крупной ветви «древа жизни» существует своя «лестница-чудесница»:

для растений — своя и для животных — своя; для первичноротых — своя и для вторичноротых — своя; для насекомых — своя и для моллюсков — своя. Так что едва ли имеет смысл сравнивать по «степени прогрессивности», скажем, дуб и бабочку или ящерицу и паука: они расположены на разных «лестницах», для каждой из которых существует своя «шкала прогресса».

Хорошо, мы пришли к выводу, что в живой природе есть некая общая «стратегия» исторического развития, направляющая эволюционные потоки в одном направлении. Но мы также знаем, что «узловым пунктом» всех эволюционных процессов является видообразование. Так что же, прикажете думать, что каждый отдельный вид в ходе своего становления «руководствуется» именно общей стратегической «целью», а не своей частной «задачей»? Ничуть не бывало: в каждый момент своего существования, на каждом этапе своего развития вид «решает» только те задачи, которые ставит перед ним «здесь и сейчас» среда его обитания. Он должен быть «оппортунистом» и стремиться к сиюминутной «выгоде», максимально приспосабливаясь к своим условиям: именно это служит залогом его эволюционного успеха. Как вы знаете, это делает всю эволюцию «близорукой», то есть неспособной «предвидеть» пусть даже самые выгодные, но отдаленные последствия тех изменений, которые «запрещены» для вида в данный момент.



Выход амфибий на сушу

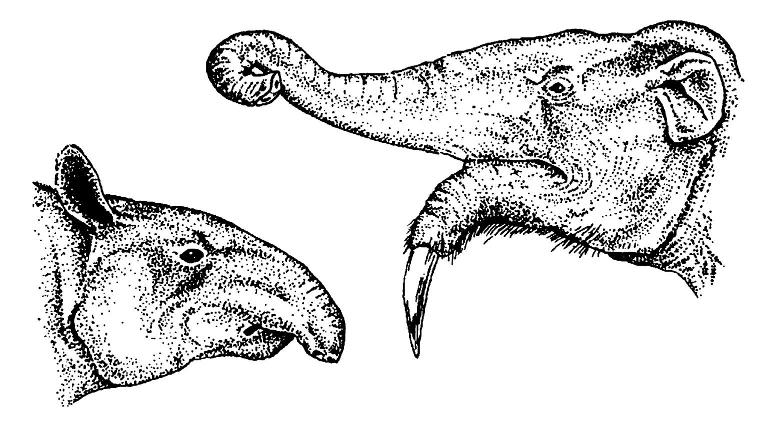
Вообразите себе, например, выход из воды на сушу позвоночных животных. В то время, когда в древних девонских морях царили рыбы, сухопутную среду обитания уже вовсю осваивали примитивные насекомые, а вот наземных позвоночных еще не было. Представляете, какое раздолье было там для четвероногих созданий?! Ах, кабы рыбы ведали про это и «осознавали» свое «высокое предназначение» — быть предками земноводных и иже с ними, как ускорилась бы эволюция высших позвоночных! Но вот незадача: рыбы жили в воде и ничего не знали о том, что творится на суше. Да и не могли они знать: ведь им была ведома и доступна только их родная стихия, к которой они были приспособлены всей предшествующей и своей собственной эволюцией.

А все, что было на суше, для водных обитателей было сокрыто за непреодолимым «адаптивным барьером» — невозможностью с помощью жабр дышать вне воды. Прежде должны были пройти долгий исторический путь двоякодышащие рыбы, освоившие прибрежные регулярно пересыхающие мелководья, они должны были, переползая по илистому берегу из одной лужи в другую, научиться дышать легкими — только после этого для их потомков стала доступной совершенно новая адаптивная зона.

То обстоятельство, что на видовом уровне происходит выработка конкретных приспособлений в ответ на конкретные требования среды, нередко ставит в тупик ученых, пытающихся осмыслить пути и направления эволюционного процесса. Например, всякому понятно, зачем слону хобот: толстокожий исполин может им и высокую ветку сорвать, и поднять листик с земли, и обвить ствол дерева, чтобы повалить его, и набрать воды, чтобы напиться, а при жаре облить себя, как из шланга. Но это уже, так сказать, готовый «инструмент»,



Двоякодышащая рыба протоптерус



Голова тапира и древнего хоботного — динотерия

над сооружением и доводкой которого природа трудилась десятки миллионов лет. А ведь у самых древних слонов хобот, наверное, был не больше, чем у тапира. Так вот вам вопрос: была ли у этих «протослонов» цель сделать хобот как можно длиннее или они уже могли делать что-то своим немного удлиненным носом? Если вы сможете объяснить, зачем тапиру его куцый хоботок, то, наверное, вам по силам окажется и «загадка» слоновьего хобота (только не нужно всяких сказок о крокодиле, который вытянул нос у не в меру любопытного слоненка, всюду его совавшего).

Но вот что интересно: хотя эволюция «близорука» и не воспринимает ничего, кроме ближайшей, сиюминутной «выгоды», отдельные видовые приспособления по типу «здесь и сейчас» нередко сами создают предпосылки для последующей эволюции. Иными словами, они

оказываются **преадаптацией** (то есть «адаптацией загодя») к тем новым условиям, с которыми могут столкнуться потомки данного вида. Но конечно, это не означает «предвидения» предком будущих «поворотов в судьбе» своих потомков и заботливой «подготовки» их к этим поворотам. Просто история «лепит» свои творения из «подручного материала» (об этом мы еще с вами поговорим): если при выходе позвоночных на сушу грудные и брюшные плавники кистеперой рыбы оказались пригодными для превращения их в ноги амфибии, то какая же в этом «целеустремленность»?

«ВЫШЕ, ДАЛЬШЕ, СИЛЬНЕЕ...»

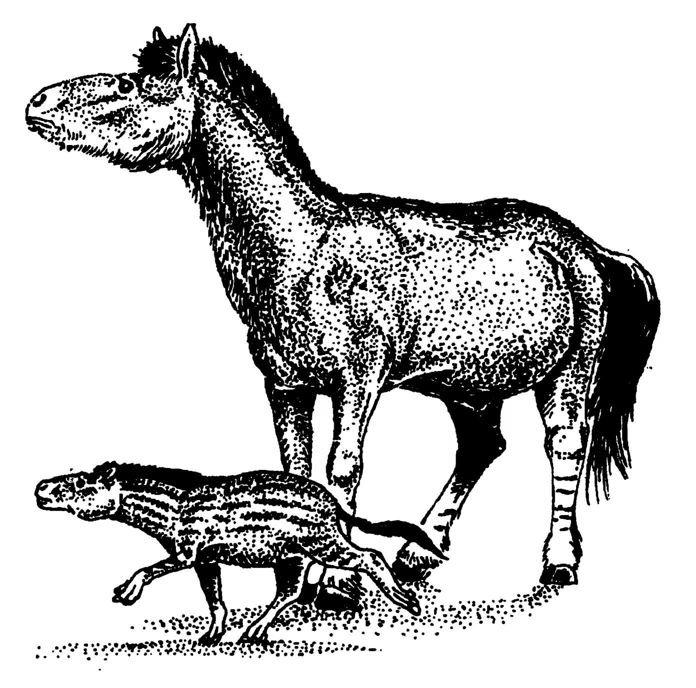
Хотя каждый конкретный вид в своей эволюции руководствуется отнюдь не той общей стратегической задачей, которая направляет историческое развитие биоты в целом, в эволюционном процессе есть вполне определенный порядок. Но вместо «целенаправленности» он определяется просто **«направленностью»** исторического развития. Казалось бы, игра слов и не более того. Но в действительности разница очень существенна. Потому что эволюционная направленность — это следствие не некоего наперед заданного «плана творения», а определенных физических законов, действующих «здесь и сейчас».

Вы уже знаете о том, что законы природы подчас довольно сурово обходятся с творениями самой этой природы. С одной стороны, эти законы предписывают им те или иные изменения, «лепя» из живых существ по своему усмотрению то, что лучше всего подходит для выполнения определенной функции. Например, если рыбе нужно как можно быстрее плавать, а птице — как можно быстрее летать, то вся их эволюция будет направлена на то, чтобы сделать форму тела наиболее обтекаемой для преодоления сопротивления воды или воздуха. С другой стороны, они же ограничивают возможности собственного «творчества» живых существ, запрещая те или иные эволюционные преобразования: помните, как закон тяготения жестко контролирует рост сухопутных животных?

В результате получается нечто вроде «улицы с односторонним движением», на которой повсюду развешены дорожные знаки: одни из них указывают, куда нужно двигаться, а другие запрещают повороты в стороны. И подобно машине, которая по такой улице должна ехать только вперед, организм оказывается как бы «обреченным» на эволюционные изменения в одном и том же направлении. Он все больше и больше «замыкается» на решении какой-то одной задачи, выбранной в самом начале своей эволюции, все больше и больше совершенствуется в поисках для этого средств. Так проявляется действие одного из важнейших принципов,

«управляющих» эволюционным процессом, — принципа **интенсификации функций.**

Замечательный пример направленной, почти без уклонений в стороны эволюции представляет собой семейство лошадиных. Самые ранние из них — гиракотерии — жили около 40 миллионов лет назад. Они были размером с собаку, задние ноги у них были трехпалые, передние — с четырьмя пальцами, еще без копыт. Эти животные населяли густые леса, питались листьями и едва ли отличались резвостью: ведь от хищных креодонтов их спасали густые заросли. Но вот около 20 миллионов лет



Гиракотерий и современная лошадь

назад на многих территориях Земли климат в очередной раз стал суше и прохладнее: где произрастали безбрежные леса, образовались саванны и степи с богатейшими травяными пастбищами. Туда, на открытые места, потянулись многие копытные, в том числе и потомки гиракотериев — меригиппусы. Они стали размером с пони, более высоконогие, средний из пальцев у них был уже значительно крупнее боковых, с копытом вместо ногтя. Все это было связано с приспособлением к быстрому бегу: ведь в степях негде укрыться, приходится полагаться только на быстрые ноги. Прошло еще 15 миллионов лет, и почти одновременно с предками человека возникли лошади — крупные, стройные, утратившие все пальцы кроме единственного опорного, самые выносливые бегуны-«стайеры» среди современных млекопитающих.

Кроме физических законов, при выборе того или иного направления эволюции, и в дальнейшем продвижении по этому пути не последнее значение имеют... собственные свойства организма. Получается так, что особенности его строения, физиологии, поведения придают эволюционному развитию и направление, и своего рода «инерцию»: проще двигаться по некогда выбранному пути специализации, нежели радикально менять его.

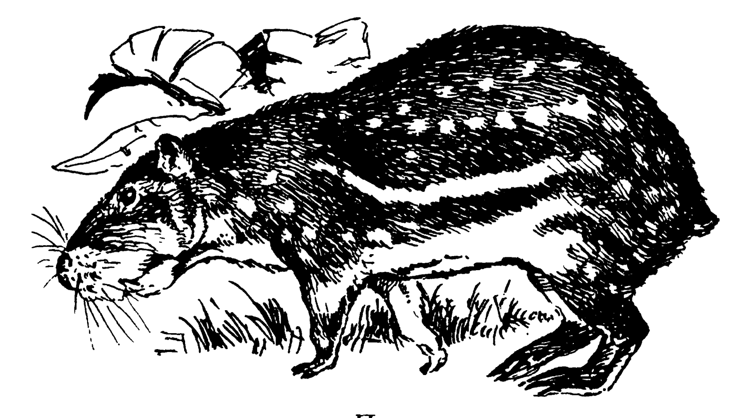
Среди млекопитающих есть две основные группы потребителей растительных кормов — копытные и грызуны. Едят они в общем-то



Оленек

одно и то же и, значит, между ними по идее должна быть сильная конкуренция за пищу. Но на самом деле ее почти нет: причина в том, что они исхитрились разойтись по разным размерным группам и таким образом разделить «сферы влияния». И действительно, среди копытных вы чаще встретите грузных и даже гигантских животных — начиная с оленей и кончая многотонными носорогами, бегемотами, слонами. Грызуны же, наоборот, почти все мелкие. Правда, среди них тоже встречаются довольно крупные создания — бобр, пака, но и они весят едва ли больше самых мелких копытных — оленьков и антилоп-дукеров. В чем здесь дело?

Оказывается, в самом начале своей эволюции копытные и грызуны «стартовали» из разных «весовых категорий». Ближайшими



Пака

предками копытных были всеядные животные кондиляртры размером с собаку. Грызуны же изначально были мелкими зверьками, едва ли крупнее крысы. Это с самых первых этапов наложило свой отпечаток на особенности их эволюции: копытным оказалось «не с руки» мельчать, а грызунам — увеличивать размеры. Соответственно этому у них изменились многие особенности биологии, хорошо вам известные: характер размножения, поведение, общественная организация, то, какие они используют убежища, — всего не пересчесть.

А виной все этому были... хищники. Действительно, на протяжении всей истории млекопитающих между травоядными и плотоядными зверями велась безжалостная эволюционная «игра в обгонялки», которая превратилась в своеобразное «соревнование за размеры». Чтобы избавиться от преследователей, сравнительно крупные копытные в своей эволюции

становились все крупнее, обзаводились рогами и бивнями, совершенствовались в быстроте бега. А мелкие грызуны, наоборот, стремились стать все мельче, чтобы можно было укрыться в норках или дуплах.

Но вот что особенно примечательно: «разбегание» жертв по размерным группам сказалось и на самих хищных. Куньи и виверровые, специализирующиеся на мышевидных грызунах, чаще всего также мельчали вслед за своими жертвами. И действительно, среди них самая крошечная — ласка, неутомимый охотник за мышами, она весит едва ли больше 300 граммов. Наоборот, те хищники, которые в своей эволюции «погнались» за увеличивающимися в размерах копытными, сами стали крупными: львы и тигры весят сотни килограммов.



Самый мелкий хищник — ласка

Причем они не только пытались «догнать» свои жертвы в размерах, но и совершенствовали орудия убийства. Так и получаются, с одной стороны, гиганты носороги и глиптодонты с толстенной шкурой, а с другой стороны, — охотящиеся на них махайроды с огромнейшими клыками.

ВСЕ СРАЗУ НЕЛЬЗЯ

Сказка отличается от были тем, что ее персонажи без зазрения совести нарушают законы природы и у них все получается. Птицы и драконы размером со слона летают по небу, животные разговаривают по-человечьи, все сразу получается «по щучьему велению». И так далее... Про «птицеслонов» мы с вами уже говорили. Теперь давайте попытаемся развенчать еще одну сказку.

Один из законов развития гласит, что перестройка всякой сложной системы, особенно неравновесной, по принципу «все и сразу» просто невозможна: это запрещает так называемый **принцип оптимальности**. Живой организм, даже одноклеточный (даром что по названию «простейший»), устроен очень сложно, причем его части очень «тонко» подогнаны друг к другу. Чтобы его преобразовать во что-то совсем иное, меняя одновременно все органы и функции, в огромном количестве генов должно произойти множество как бы «согласованных» изменений, а это невозможно даже

теоретически: ведь, как вы уже знаете, мутации возникают чаще всего случайно. Да и энергии жизнедеятельности на такое тотальное изменение просто не хватит — ведь, как вы знаете, за все приходится платить, и за перестройку тоже.

Вот и получается, что в эволюции все происходит «помалу». Это вовсе не значит, что она не делает «скачков» (вы про них уже читали): просто в данном случае речь идет о том, что в каждом таком «эволюционном скачке» может меняться только какой-то один орган. Или в крайнем случае несколько, но только если они тесно связаны между собой и отвечают за какую-то одну функцию, то есть представляют собой единое целое. Изменение этой функции в ответ на требования среды и приводит к тому, что орган или система органов, обеспечивающие ее выполнение, начинает меняться в нужном направлении. Такого рода «судьбоносное» изменение, определяющее характер эволюции группы, — его называют **ароморфозом** — становится важнейшим на данном историческом отрезке. А все прочие органы и функции за ним по мере необходимости «подтягиваются».

Необходимость в изменении целого комплекса многих морфологических и физиологических показателей чаще всего возникает при освоении новой адаптивной зоны или при переходе на новый, более высокий уровень организации (что нередко совпадает). Например,

при превращении амфибий в рептилий «ключевой» ароморфоз был связан с интенсификацией легочного дыхания как способа повышения общего уровня жизнедеятельности организмов. Соответственно, в первую очередь изменилось строение легких — у них появилась альвеолярная структура. Чтобы активнее накачивать в легкие воздух, образовалась диафрагма. Она позволила «упразднить» свойственное амфибиям глоточное дыхание, что стало предпосылкой для активизации работы челюстей, а это повлекло за собой усовершенствование зубной системы. Необходимость в дополнительном «кожном» дыхании отпала, что позволило рептилиям «одеть» все тело в прочную броню. Это не только стало защитой от врагов, но и позволило окончательно «оторваться» от водной среды обитания и перейти к сухопутному образу жизни.

В ранней эволюции птиц роль «локомотива», потянувшего за собой перестройку всего птичьего организма, стало развитие перьевого покрова. Его зачатки сформировались еще у непосредственных предков пернатых, а у птиц он образовал рабочую поверхность крыла в связи с переходом к активному машущему полету — это и стало их «ключевым» ароморфозом. Что же за этим последовало? Во-первых, для улучшения аэродинамических характеристик тела весь перьевой покров птицы стал плотнее, что оказалось одновременно и дополнительной защитой от потерь тепла. Для

снижения веса тела птичьи кости превратились в тонкостенные трубчатые. Это позволило образовать особые воздушные мешки, идущие от легких в полые кости крыльев, что способствует более активному дыханию, совершенно необходимому при полете. А облегчение костей черепа привело к превращению зубастого рептилийного рыла в птичий клюв.



Ласточка

Как видно, при освоении новой адаптивной зоны, требующей комплексной перестройки организма, в соответствии с требованием принципа оптимальности действительно сначала выбирается какая-то одна «ключевая» структура из всех тех, которые рано или поздно потребуется изменить. И вот что интересно: в истории какой-либо группы у разных ее представителей такими «ключевыми» нередко оказываются разные признаки, то есть они подходят к решению одной и той же эволюционной задачи с разных сторон. В результате получается так называемая **«мозаичная эволюция»**: то, что меняется в одной ветви эволюционного древа, остается почти неизменным в другой, и наоборот.

Например, хищные звери, чтобы преуспеть в освоении «плотоядной» адаптивной зоны, решали две задачи. Во-первых, им надо

было развивать быстроногость, чтобы гоняться за стремглав удирающей добычей. Во-вторых, надо было совершенствовать зубную систему, чтобы рвать настигнутую добычу на части. Так вот, оказалось, что одновременно делать и то, и другое одинаково эффективно не очень получается: почему-то трудно быть и отличным бегуном, и иметь во рту мощный «резак» из хищнических зубов. Так и сформировались две основные стратегии хищного образа жизни, две **жизненные формы** плотоядных зверей.

Одну из них олицетворяют собой псовые — подвижные, быстроногие, неутомимые преследователи, порой устраивающие настоящие облавы на стада копытных; зато строение зубов у них весьма архаично. В отличие от этого, многие креодонты, жившие около 40 миллионов лет назад, обладали мощнейшей зубной системой, но зато они были медлительны и предпочитали подстерегать добычу в засаде, чтобы, улучив подходящий момент, обрушиться на жертву всей массой огромного тела и вонзить в нее свои ужасные клыки. Кошачьи попытались решить обе эти задачи: посмотрите на вашу полную грации и изящества любимицу-кошку, и вы увидите образ почти идеального зверя-убийцы. И все равно «зубная специализация» у них преобладает над «ножной»: не зря же кошки предпочитают скрадывать добычу, а не гоняться за ней. Даже гепарду не удалось развить обе способности в полной мере: он

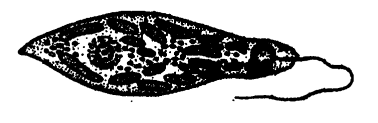


Бегущий гепард

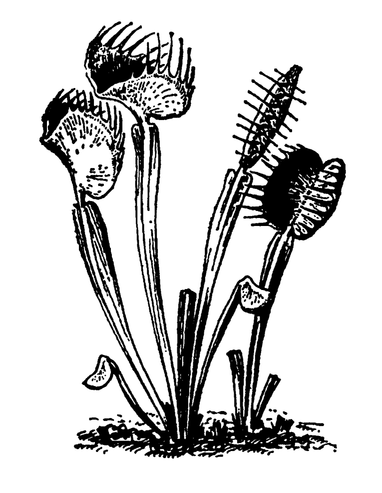
действительно один из самых быстрых хищников — никакой волк за ним не угонится, но развивать бешеную скорость эта кошка может только на коротких дистанциях.

К сфере действия принципа оптимальности относится и деление организмов на растения и животные, точнее — на **автотрофов** и **гетеротрофов**. Каждый из этих способов питания требует выработки множества особых приспособлений, поэтому их совмещение в одном организме получается с большим трудом. Только на ранних этапах становления биоты в качестве эволюционной «пробы пера» появились одноклеточные существа вроде эвглены: на свету они «запускали» фотосинтез, а в темноте питались взвешенной в воде органикой. Но более высоко организованные растения и животные к такому «совместительству» оказались неспособны.

Впрочем, это правило, а правил без исключений не бывает. Среди многоклеточных животных



Эвглена



Росянка

иногда попадаются существа, «освоившие» и гетеротрофное питание — правда, весьма своеобразным способом. Так, живущие в прибрежных морских водах конволюты, относящиеся к червям-турбелляриям, при питании поглощают множество одноклеточных водорослей, но оставляют их живыми в своем полупрозрачном студенистом теле: те сохраняют способность к фотосинтезу и на свету снабжают «хозяина» органическими веществами. Как видите, если не получается что-то сделать самому, прибегают к испытанному средству — **симбиозу**. Но и растения не остались в долгу: среди них есть настоящие «хищники». Например, растущая на наших болотах росянка ловит листьями мелких насекомых и переваривает их особыми ферментами, почти такими же, как и у животных.

ОБРАТНОЙ ДОРОГИ НЕТ?

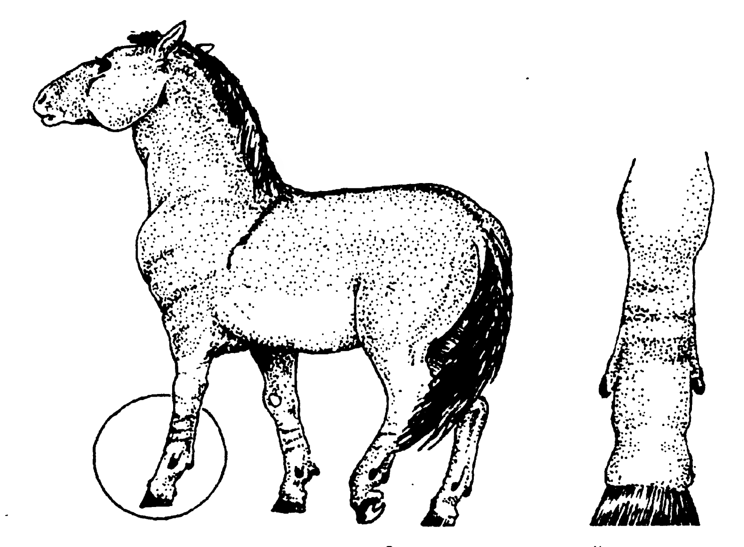
Один из самых загадочных парадоксов живой природы состоит в том, что эволюционный поток нельзя повернуть вспять: ход исторического

развития *необратим*. Это значит, что ни один организм не способен обратиться в своего предка. И уж тем более невозможно пройти назад всю цепочку видов — даже, например, такую короткую, которая связывает австралопитека с человеком. В сущности, ничего удивительного здесь, пожалуй, нет: таков всеобщий закон развития всех сложных неравновесных систем, от него никуда не деться. В чем же загадка?

А в том, что, как вы помните, информация о ходе исторического развития записана в генотипе и даже отчасти «воспроизводится» в процессе индивидуального развития: именно в этом состоит действие принципа рекапитуляции. С этой точки зрения, казалось бы, чего проще: можно просто «стереть» из генетической памяти то, что записано в ней на более поздних этапах эволюции, и ход онтогенеза человеческого существа остановится аккурат на стадии австралопитека. Но на самом деле на этих более поздних этапах новая генетическая память не просто «наслаивается» на старую, а «встраивается» в нее. В результате какая-то жизненно важная информация о строении предков действительно остается в генотипе потомков и влияет на ход их онтогенеза. А какая-то изменяется, безвозвратно утрачивается и уже не может быть еще раз воспроизведена в точности: образно говоря, потомки на уровне генотипа «забывают» что-то о своих предках. И чем большее число поколений их разделяет,

тем глубже «забвение» предков потомками из-за всяческих перестроек в генотипе. Значит, тем меньше шансов «припомнить», как все было многие миллионы лет назад, и повернуть назад «колесо истории».

Но внимательный читатель наверняка помнит не только про рекапитуляцию, но и про **атавизмы**: это когда у потомков появляются отдельные предковые признаки — например, дополнительные пальцы на ногах у лошади. Выходит, нельзя воссоздать полную «копию» стародавнего предка, а вот какую-то отдельную особенность его строения воспроизвести вполне по силам — на это «генетической памяти» хватает. Для этого достаточно просто «отказаться» от части признаков, приобретенных



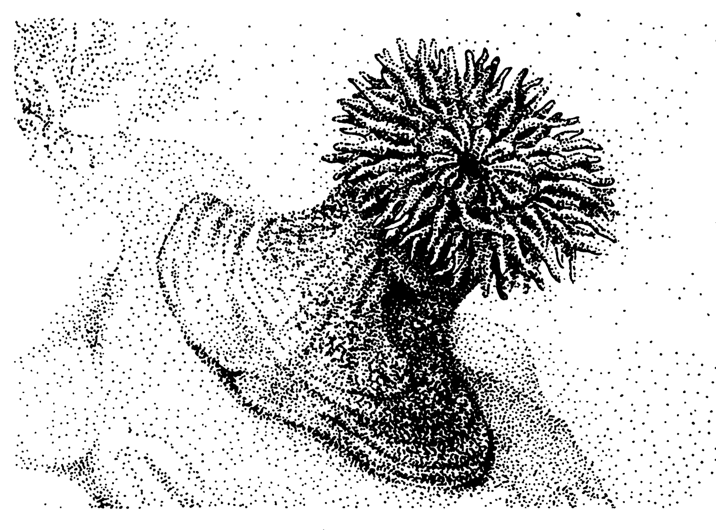
Атавистический дополнительный палец у лошади

на самых последних этапах эволюции, и тогда более древние морфологические особенности действительно проявятся как бы сами собой. Так что порой — да что там порой, очень даже часто — организмы склонны «забывать» не каких-то самых отдаленных предков, а именно ближайших своих исторических предшественников. И в этом заключается одно из странных свойств необратимой эволюции: если потребуется, на очередном витке истории организм способен отказаться от недавних «приобретений» и возвратиться к более древним признакам. Это зачастую приводит к **редукции** (исчезновению) важных особенностей строения, которые на определенном этапе исторического развития были «ключевым» эволюционным завоеванием — ароморфозом.

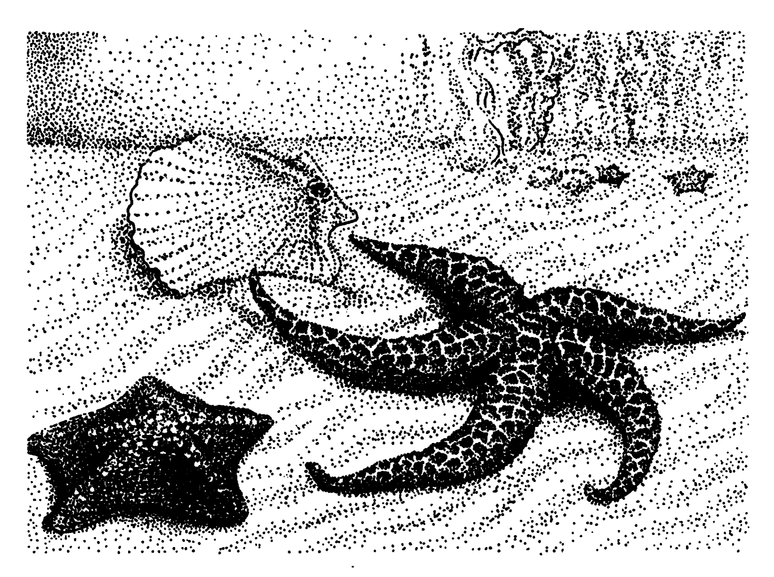
Посудите сами. В эволюции многоклеточных животных когда-то одним из важнейших шагов стало приобретение **билатеральной симметрии**, но представители типа иглокожих от нее отказались и вернулись к **радиальной симметрии**, свойственной гораздо более примитивным кишечнополостным. При формировании типа кольчецов **метамерное** строение тела стало очередной «революцией» в истории беспозвоночных, а их потомки моллюски полностью отказались от большинства проявлений метамерии. Да и в самом типе моллюсков первые шаги становления их плана строения были связаны с формированием и совершенствованием наружной раковины, но

затем представители многих его классов всячески старались от нее «избавиться». В чем же причины такой «непоследовательности»?

В перечисленных (и многих других) радикальных поворотах в эволюционной судьбе организмов есть одна общая закономерность: изменение плана строения практически всегда связано с изменением жизненной стратегии. Действительно, предки моллюсков вели подвижный образ жизни и по этой причине их тело приобрело червеобразную членистую форму. Моллюски же стали менее подвижными и поэтому, вполне естественно, «упрятали» свое тело от всяческих невзгод в прочную раковину, а это, в свою очередь, обусловило утрату и метамерного строения. Вот вам первый отказ от «завета предков». Зато когда слизни и особенно



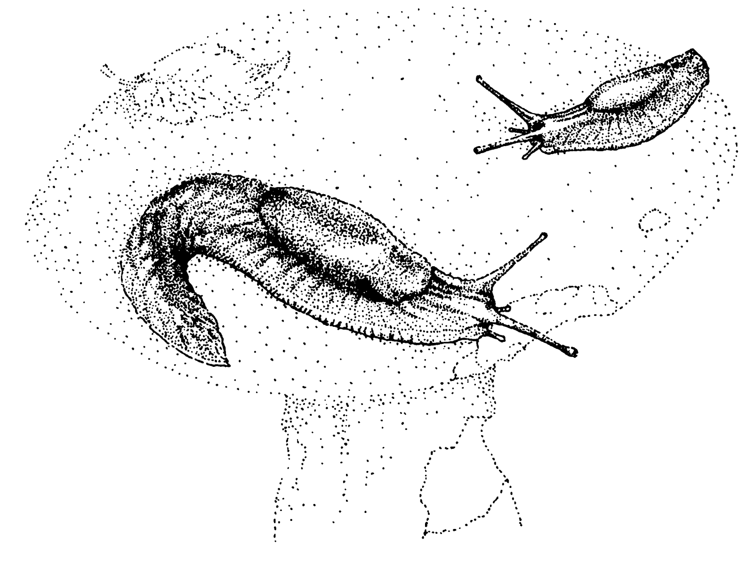
Актиния



Морская звезда

головоногие моллюски вновь стали активными хищниками, раковина стала им обузой — они от нее и отказались. Так произошло следующее «отречение» от предковых черт строения. Но обратите внимание: метамерию в полной мере этим моллюскам восстановить не удалось; впрочем, они, наверное, даже и не пытались это делать, обойдясь без многократного «повторения» разных фрагментов тела.

И это как раз показывает, что ни о какой обратимости эволюции здесь и речи нет — на самом деле возникает просто некое «подобие» предковой организации в связи с переходом к тому же, что и у предков, образу жизни. Действительно, стратегическое направление исторического развития животных связано с



Слизень

активизацией жизненных функций. Соответственно всякое повышение уровня организации в первую очередь сказывается на усложнении строения всего тела и отдельных органов, например анализаторов. Из этого понятно, что отклонение от «генеральной линии» так или иначе приводит к упрощению плана строения, сходному с предковым, но это, как вы понимаете, чисто поверхностное сходство.

И тем не менее это сходство действительно может быть просто поразительным. В те времена, когда зоологическая наука еще не располагала тонкими методами изучения строения тела и ученые судили о нем главным образом по внешним особенностям, родилось представление о

существовании уже известных вам так называемых «зоофитов». Они были названы так, потому что ведут неподвижный образ жизни, словно растения, но лишены хлорофилла и питаются как животные. По современным представлениям к ним относятся самые разные животные: тут и целиком тип губок, и полипы (тип кишечнополостных), и мшанки с коловратками (тип круглых червей), и асцидия (тип личинкохордовых), и некоторые другие. Общим для них является мешкообразное строение тела, полость которого общается с внешней средой посредством одного или нескольких сифонов, окруженных, как правило, венчиком постоянно колышущихся щупалец. И все — никаких органов движения, органов чувств, все до предела упрощено.

По первому впечатлению всех их, наверное, действительно захочется считать родственниками и отнести к основанию эволюционного древа животных. Но на самом деле все сходство между ними обусловлено общими особенностями «сидячего» образа жизни, который действительно вели многие примитивнейшие представители этого царства. Так что истинная причина сходства архаичных и более прогрессивных «зоофитов» не в возврате к предковому состоянию, а просто в том, что все они ведут сходный малоподвижный образ жизни, то есть относятся к одной жизненной форме (вы про нее уже читали в начале этой главы).

Впрочем, и при активном образе жизни частичный возврат к предковой жизненной форме отнюдь не возбраняется. Например, одни из самых быстрых обитателей морской стихии ихтиозавры и дельфины «копируют» строение тела у рыб. Но разве это рыбообразное строение тела у вторичноводных (то есть вернувшихся с суши в воду) позвоночных можно считать «атавизмом», возвратом к предковому состоянию? Конечно же, нет: просто таковы требования водной среды обитания, и если хочешь преуспеть в качестве водоплавающего животного, будь ты хоть рыба, хоть «рыбо-ящер» или что-то иное, изволь соответствовать им. Точно так же дело обстоит и со **змеями**: эти безногие рептилии утратили ходильные конечности в связи с особенностями образа жизни, а вовсе не потому, что «вернулись» к червеобразной стадии эволюции.

ИЗ «ПОДРУЧНОГО МАТЕРИАЛА»

Вся история живых существ полна изобретениями чего-то нового: сначала была единственная клетка, потом — простейший многоклеточный организм наподобие губки, потом в нем обособились ткани, потом появились органы. Червеобразное существо, навсегда обреченное только ползать, попав на сушу, обрело ноги — научилось ходить, а потом и крылья — научилось летать. Все, начиная с освоения видом

новой экологической ниши и кончая повышением уровня организации за счет развития **ароморфозов** (этот термин вам уже знаком), так или иначе связано с появлением тех или иных новых свойств. В этом и состоит один из ключевых законов природы: *без новообразований нет развития.*

Но ведь, с другой стороны, есть и другой закон, не менее важный: *всякое развитие преемственно.* Этот закон можно выразить общеизвестным афоризмом, известным с древнейших времен: «из ничего и получишь... ничего». Поэтому эволюция не «изобретает» новшества на «пустом месте», а творит все сущее из того, что есть: так сказать, из «подручного материала». Разве не из готовых молекул органического вещества, миллиард лет плававших в «первичном бульоне», были «собраны» коацерватные капли, из которых затем получились простейшие одноклеточные организмы? А разве не из внутривидовых индивидуальных вариаций получается, в конечном итоге, все разнообразие живых существ — от семейств и отрядов до классов и типов?

Итак, «из ничего и получишь ничего». Значит, для того, чтобы получить что-то, нужно это «что-то» создать из чего-то другого, уже имеющегося. И действительно, в поисках новшеств эволюция чаще всего опирается на те особенности строения, которые были уже выработаны на предшествующих этапах развития. Иными словами, она не «отменяет» их, а

приспосабливает к новым нуждам, изменяя их функции. Эта **смена функций** одних и тех же органов — один из основных принципов биологической эволюции. Не правда ли, очень простой и очень эффективный способ решения многих проблем, связанных с выработкой новых адаптаций?

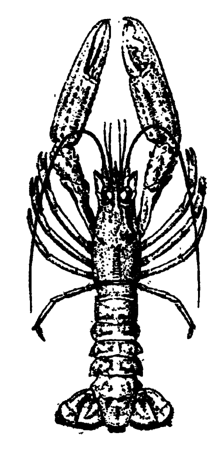
Чтобы убедиться в этом, давайте посмотрим, как образовались челюсти у членистоногих и позвоночных животных, ведущих активный образ жизни. Их примитивные червеобразные или рыбообразные предки, хоть и очень разные, обладали одним общим свойством: сами малоподвижные, они всасывали мелкие частицы пищи ртом, начисто лишенном челюстей. Очевидно, что при таком способе питания более весомая добыча оставалась почти недоступной: ее нельзя было захватить и расчленить на части. Морские прибрежные воды в то время, как и сейчас, просто кишели всякой достаточно крупной живностью — самыми разными «червями» (немертинами, аннелидами), моллюсками, личинкохордовыми, да и примитивных хордовых, наверное, хватало. Конечно, в морских водах жили такие свирепые охотники, как щетинкочелюстные: но они были невелики размерами, да и малочисленны — в общем, как говорится, «не делали погоды».

Но разве может природа мириться с тем, что такой богатый источник энергии остается не-освоенным? Конечно же, нет — вот и появились существа, вооруженные челюстями,

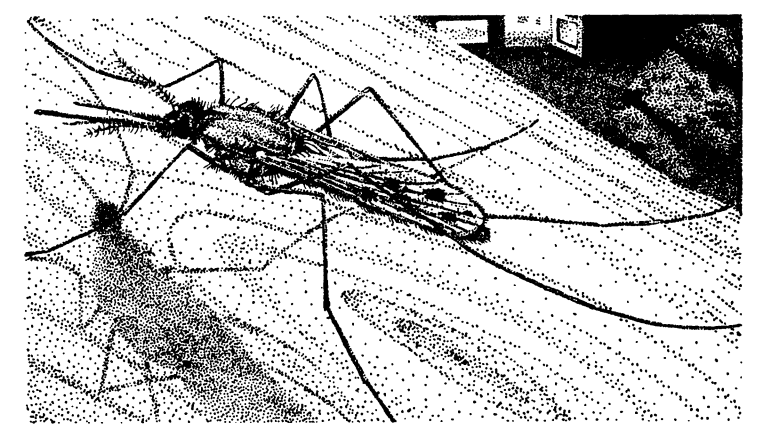
способными ухватить добычу и вырвать из нее кусок мягкой плоти.

У членистоногих ротовой аппарат сформировался из ног: это оказалось возможным по той простой причине, что у их предков — **кольчецов** — ноги были на каждом членике тела. Копаясь в отложениях детрита на морском дне или во влажной прибрежной почве, они использовали конечности не только для передвижения, но и для захвата частиц пищи: схватил — переправил ближе ко рту — проглотил, схватил — переправил — проглотил... Именно так едят **ракообразные**, одни из самых примитивных членистоногих.

Посадите речного рака в аквариум с чистой речной водой, положите туда небольшие кусочки мяса и понаблюдайте за ним: вы увидите, как он схватит клешнями один из кусочков, передаст его «ногочелюстям», расположенным в передней части головогруди, те начнут быстро-быстро работать, отрывая мясные волоконца и переправляя их в рот. Такими «ногочелюстями» наверняка обладали и предки наземных членистоногих, но у паукообразных и насекомых они совершенно преобразились, полностью утратив функции и облик конечностей, стали полноценными челюстями.



Речной рак



Комар

Но все равно, когда вас укусит комар (он ведь тоже — членистоногое), знайте, что части его тонкого хоботка когда-то были... ногами.

В эволюции позвоночных «под рукой» оказались не конечности, а жаберные дуги. Они были расположены ближе всего ко рту, достаточно прочные и, что немаловажно, состояли из нескольких сегментов, подвижно сочлененных между собой. Самые передние из них, расположенные у края ротового отверстия и использовавшиеся поначалу как вспомогательное устройство для лучшего втягивания воды с частицами пищи, сменили свою функцию и стали работать как челюсти для захвата кусочков пищи. А там и зубы приспели: причем, что характерно, они тоже возникли не «из ничего», а образовались из... особой очень прочной чешуи, которой было покрыто тело у примитивных хрящевых рыб (их прямые потомки — современные акулы).

История позвоночных не оставила нам тех живых существ, наблюдая за которыми, можно наглядно представить, каким образом происходило превращение жаберных дуг в челюсти. Остается только догадываться, что, возможно, у личинок каких-то самых древних рыб эти дуги были более подвижны, чем у взрослых особей. Собственно говоря, им даже не нужно было особенно менять функцию: просто они стали приводить в действие не жаберные щели, а ротовое отверстие. А потом, как это частенько бывает в эволюции животных, личиночные особенности строения закрепились у взрослых, тем самым положив начало новому стратегическому направлению в эволюции позвоночных.



Челюсти вымершей гигантской акулы

Но, наверное, самый поразительный пример эволюции «не на пустом месте» — происхождение косточек, из которых состоит ушной аппарат у млекопитающих. У всех наземных позвоночных в среднем ухе есть только одна косточка, а у зверей их целых три. Это обстоятельство было своего рода «камнем преткновения» для многих эволюционных построений и служило весомым аргументом для

сторонников «скачкообразной» эволюции. Ведь получалось так, что орган слуха у млекопитающих получился как-то «вдруг», а значит, и весь этот класс позвоночных животных возник сразу и «сам по себе», а не постепенно произошел от рептилий. Понадобились детальные исследования по эмбриональному развитию зверей (а к этому времени уже было известно про **рекапитуляцию**), чтобы доказать: у звериного среднего уха есть «предшественник» в черепе рептилий. Вот только оказался он в таком месте, о котором никто никогда не подумал бы, если бы доводы эмбриологии не были позже подкреплены новыми ископаемыми находками. Дело в том, что эти злополучные дополнительные косточки, с помощью которых млекопитающие слышат, произошли из костей... нижней челюсти их рептилийных предков.

Как же такое получилось? Дело в том, что у пресмыкающихся (в отличие от зверей) нижняя челюсть состоит из многих костей — это их «рыбье» наследие. Так вот, у некоторых



Зверозубая рептилия

зверозубых рептилий, от которых и произошли млекопитающие, косточки, расположенные под местом, которым челюсть крепится к самому черепу, на каком-то этапе эволюции вдруг оказались как бы «ненужными» для жевания и стали очень тонкими. Благодаря такому строению они начали воспринимать вибрации воздуха и передавать их на ту единственную косточку, которая у рептилий составляла среднее ухо. Постепенно все эти косточки стали функционировать как единое целое, совершенно обособились от нижней челюсти и переместились на череп, сформировав: одна — слуховой барабан, другая — молоточек, третья — наковальню. Среди современных зверей не осталось никого, кто мог бы «предъявить» прямые доказательства, что так все и происходило на самом деле. Разве что у землероек слуховой барабан остался еще очень примитивным: образующая его косточка имеет кольцевидную форму и даже не полностью приросла к черепу, точь-в-точь как у самых архаичных зверей.

Кстати, ученые, расшифровав происхождение сложно устроенного органа слуха у млекопитающих, так и остались в неведении, для чего, в конечном итоге, нужны были все эти ухищрения. Наверное, даже наверняка, это улучшило слух зверей в сравнении с их предками-рептилиями. Но ведь у иных птиц, с единственной косточкой в среднем ухе, слух ничуть не менее острый, чем у многих зверей: охотящиеся во тьме ночи совы за многие метры

слышат, как копошится в траве мышь. Так почему же первозвери не удовлетворились совершенствованием рептилийного уха, а создали свое собственное, во многом уникальное по сложности и способу образования?

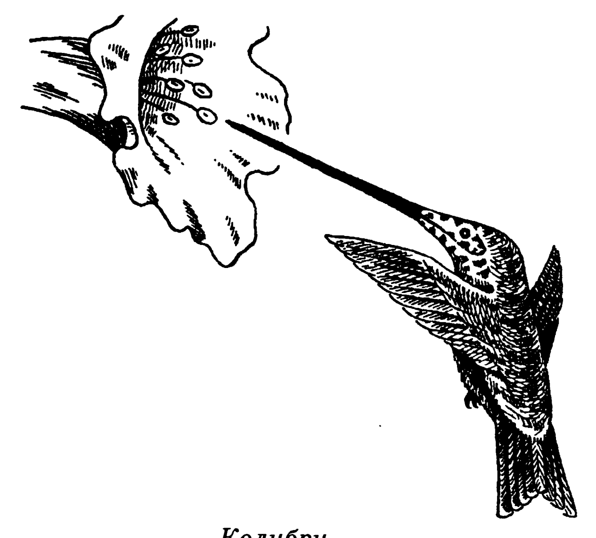
«ЖЕРТВЫ» СВОЕЙ ИСТОРИИ

Из того, что в ходе эволюции всякое новшество «достраивается» к уже существующим структурам, а не создается «с нуля», вытекает много важных следствий для развития живых организмов, причем не только исторического. С частью из них вы уже знакомы: например, **рекапитуляция** — краткое «повторение» онтогенезом филогенеза. Другое следствие состоит в том, что, приспосабливаясь к новым жизненным обстоятельствам, организм должен «считаться» с тем, каковы были адаптации его предков к зачастую совершенно иным условиям среды. Поэтому в выработке новых приспособлений растение или животное вынуждено адаптироваться не только к внешней среде, но и к... самому себе.

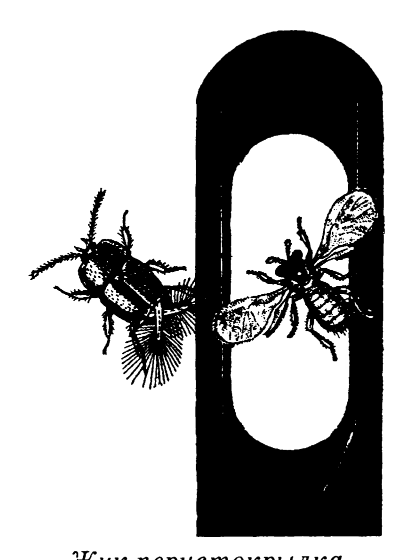
Это означает, что собственная организация живых существ может оказывать серьезное влияние на их эволюционные преобразования, в частности накладывать на них определенные ограничения. В результате *живые организмы подчас оказываются «жертвами» всей своей предшествующей истории*: может быть, и хотелось бы, ан нельзя... И чем дольше шла

эволюция, чем сложнее живое существо, тем больше оно «жертва» своей истории, «жертва» своей собственной организации. Причем далеко не всегда бывает легко выяснить, что же из «наследия прошлого» ограничивает эволюционные потенции или направляет в ту или иную сторону характер приспособительной эволюции.

Мы с вами узнали, каким образом физические законы ограничивают рост позвоночных животных «сверху». Теперь попробуем выяснить, что кладет «нижний предел» их размерам, а заодно почему насекомые такие маленькие. Действительно, какими бы крохотными ни были весящие всего несколько граммов землеройка или колибри, все равно они ни в какое сравнение не идут с жуком-перистокрылкой, который запросто проходит в игольное ушко. И



Колибри



Жук-перистокрылка и трихограмма в сравнении с угольным ушком

наоборот, среди насекомых нет гигантов, хоть как-то сопоставимых с копытными или китообразными. Так, у самого крупного из них — древней стрекозы палеодиктиоптеры, жившей в каменноугольном периоде, — размах крыльев едва превышал один метр. Случайно ли это? Оказывается, нет. Причина, почему даже самые мелкие позвоночные животные столь «велики» в сравнении с большинством насекомых, заключается в свойственных им особенностях доставки кислорода к тканям.

У насекомых, как вы помните, для этого служит система наполненных воздухом трубочек — **трахей**, которые пронизывают все их тело. При каждом дыхательном движении животного они доставляют воздух чуть ли не к каждой его клеточке. Поэтому чем меньше насекомое, тем привольнее ему дышится. Но вот у крупных насекомых из-за этих трахей с дыханием должны возникать проблемы: интенсивности дыхательных движений просто не хватает на «проветривание» всей разветвленной системы сосудиков, которая всегда начинается с одного-двух отверстий на

брюшке. Этим и объясняется, как сейчас полагают ученые, верхняя граница размеров тела у насекомых: они оказались «жертвой» той дыхательной трахейной системы, которую унаследовали от живших в почве многоножек.

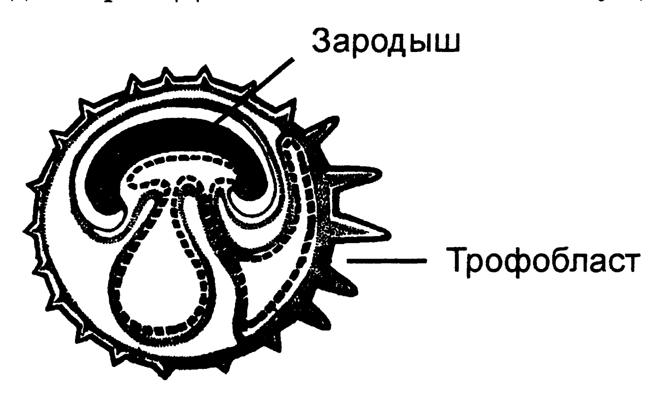
Совсем иное дело — млекопитающие и птицы. У них кислород из легких доставляется к тканям по кровеносным сосудам **эритроцитами** — особыми клетками, содержащими **гемоглобин.** По чисто физиологическим показателям размеры красных кровяных телец нельзя ни уменьшать, ни увеличивать: их поперечник приблизительно одинаков и у самых маленьких, и у самых больших теплокровных — 5–10 микрон. Это не препятствует наращиванию размеров тела: там вступают в силу другие ограничительные законы — такие, например, как закон тяготения (вы об этом уже читали). Но что происходит, когда размеры тела нужно уменьшить?

Как вы знаете, при этом резко возрастает интенсивность обмена веществ, а она требует более активного снабжения тканей кислородом. Казалось бы, решение самое простое — повысить содержание гемоглобина в крови, увеличив количество эритроцитов или их размеры. Однако такое решение вступает в противоречие с диаметром **капилляров** — тончайших кровеносных сосудов, которые подводят насыщенную кислородом кровь ко всем клеткам: если красных кровяных телец станет больше или если они хотя бы чуть-чуть «подрастут», кровь окажется слишком вязкой и будет

тормозиться в капиллярах. Это и кладет предел эволюционным возможностям млекопитающих и птиц: их размеры не могут быть меньше, чем «разрешенные» для землеройки или колибри. Теплокровные животные как бы попадают в своего рода эволюционную «ловушку», оказываясь «жертвой» былых успехов их водоплавающих предков, одним из которых несомненно было «изобретение» эритроцитов.

Иногда потребность в некоем нововведении оказывается столь насущной, что эволюция вызывает просто чудеса изобретательности, «борясь» с теми адаптивными особенностями, на приобретение которых прежде было затрачено много усилий. Так случилось с млекопитающими, когда они стали переходить к живорождению.

Животных, которые производят на свет не яйца, а сразу способных к активной жизнедеятельности детенышей, можно найти не только среди зверей. Достаточно вспомнить живущих



Зародыш млекопитающего (схема)

чуть ли не в каждом аквариуме живородящих рыбок гуппи или бегающих в наших лесах ящериц, которые так и называются — **живородящие**. Поэтому едва ли именно млекопитающим принадлежит «патент на живорождение». Уникальность зверей в том, что они «изобрели» способ, позволяющий детенышу долгое время — иногда несколько месяцев (а у китов до полутора лет) — жить в утробе матери. Это дало им массу преимуществ, но (ничто не дается «даром») зато какую серьезную проблему пришлось преодолеть архаичным зверям на этом решающем этапе эволюции.

Действительно, каждый живой организм способен защититься от небольших инородных тел (например, от занозы) и других организмов (например, от микробов), попадающих в него, с помощью особой **иммунной системы**. Разносимые кровью **антитела** при встрече с чем-то «посторонним» тут же начинают вырабатывать особые вещества, чтобы уничтожить незваного «гостя». Это было поистине выдающимся «изобретением» эволюции: поразившая человечество «чума XX века» СПИД наглядно показывает, что при снижении иммунной защиты организм не способен справляться со всевозможными болезнями. Но что такое находящийся в утробе матери зародыш, у которого другие гены, другие белки, нередко другая группа крови? Конечно же, то самое «постороннее тело», которое по закону природы несовместимо с материнским орга-

низмом: иммунная система должна без всякой жалости убить этот плод любви и надежду на продление рода.

Для большинства якобы «живородящих» низших организмов, в том числе и для рептилий, здесь нет никаких проблем. Ведь на самом деле самка у них вынашивает не детенышей, а яйца: она просто не откладывает их, а носит в себе. Поэтому переход от яйце- к живорождению происходит, по эволюционным меркам, достаточно легко: например, у некоторых видов американских ящериц-анолисов в одних участках ареала самки откладывают яйца, а в других, где климат похуже, носят их в своем организме, чтобы можно было при хорошей погоде вылезти с ними на солнце и хорошенько прогреть. У таких животных, называемых **«яйцеживородящими»**, скорлупа, которая изолирует снесенное яйцо от неблагоприятных воздействий среды, защищает организм эмбриона и от иммунной системы матери. Но тем самым эта «защитная преграда» не позволяет самке кормить зародыша, готовя его к вступлению в мир: питательные вещества, имеющиеся в желтке, — вот все, чем располагает заключенное в скорлупу существо, хоть и развивающееся в организме матери.

Эволюционное развитие млекопитающих пошло по иному пути: они отказались от защитной преграды в виде яичной скорлупы между эмбрионом и вынашивающей его самкой. Это было сделано для того, чтобы развивающийся эмбрион получал основное питание

прямо от матери, а не из ограниченных запасов яйца. Но тут же возникла проблема «охраны дитя от матери»: нужно было выработать какие-то приспособления, не позволяющие материнскому организму запускать систему иммунной защиты.

Один из способов «придумали» сумчатые звери. Они до минимума сократили период внутриутробного развития, так что иммунная система матери просто не успевает накопить достаточно антител, чтобы уничтожить зародыш. Плацентарные же нашли иное решение. У них наружный слой клеток эмбриона образует особую ткань — **трофобласт**, такого действительно нет ни у одного из других животных. Внедрившись в стенки матки, он образует своего рода «активный» барьер между материнской и эмбриональной тканями. Благодаря этому, с одной стороны, предотвращается отторжение плода, с другой стороны, увеличивается поступление питательных веществ из крови матери в кровь эмбриона — залог более быстрого и полного его развития.

Итак, организмы — «жертвы» своей предыстории?.. Конечно да, но не стоит особенно сокрушаться по этому поводу — ведь, как вы знаете, у каждой медали есть две стороны. В данном случае «другой стороной» оказывается **преадаптация** к тем новым условиям, с которыми могут столкнуться потомки данного вида. Используя существующие органы для выработки новых приспособлений, они могут,

наоборот, получить довольно большую «фору» при освоении новой среды обитания. Действительно, если еще раз обратиться к истории освоения позвоночными наземной среды обитания, то именно возникновение у кистеперых рыб особого строения плавников и особого выроста пищевода, в котором запасался воздух, предопределило в значительной мере начальный прогресс **земноводных** животных.

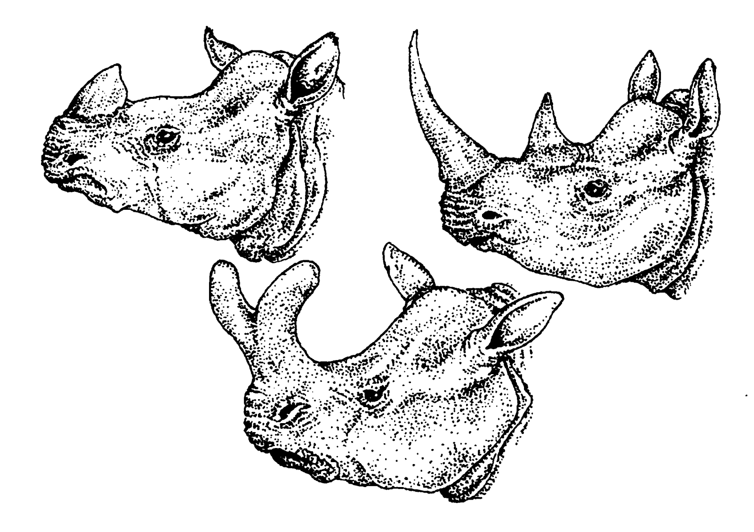
«ПРОСТО ТАК ПОЛУЧИЛОСЬ...»

Человек, видящий в результатах своего труда определенную разумность, склонен и в результатах эволюционного развития искать некое рациональное зерно. При этом он руководствуется идеей приспособительного характера эволюции: раз что-то природа сотворила, то это не «просто так», а с определенным смыслом или значением, если не явным, то сокровенным.

Нередко адаптивное значение тех или иных особенностей живых существ, как говорится, «лежит на поверхности»: ходильные конечности у бегающих и крылья у летающих животных, одинаково устроенные глаза у головоногих моллюсков и позвоночных, защитная «покровительственная» окраска у сидящих на гнездах самочках и яркая «демонстрационная» окраска токующих самцов у многих птиц. Подобных примеров каждый из вас может привести во множество.

Но иногда для того, чтобы убедиться в функциональном смысле отличий, приходится проводить особые эксперименты или прибегать к специальным расчетам. Возьмем, например, строение конечностей у наземных позвоночных — их действие изучает наука **биомеханика**. Если вы сравните варана и собаку, то наверняка обратите внимание на то, что у них по-разному поставлены ноги: у рептилии они направлены вбок, а у млекопитающего — вниз. Так вот, биомеханические изыскания показали, что именно такая постановка конечностей у зверей стала предпосылкой развития особо скоростного способа передвижения — галопа. А рептилии к нему, как выяснилось, просто неспособны. Быстрее же всего бегают звери, у которых уменьшена площадь опоры, поэтому у лошади и оленя на ногах точеные копыта.

Но вот что никакая наука объяснить не смогла (да, по-видимому, и не сможет): почему у лошади копыто одинарное, а у оленя — двойное? Или еще вопрос из этой же серии: почему у наземных позвоночных две пары ног, у насекомых — три пары, а у пауков — четыре пары? Коль скоро разговор зашел о ногах, то вот еще вопрос: почему у тех же наземных позвоночных исходное число пальцев — пять, а не четыре или шесть? Сравните головы носорогов: у африканского на морде сидят два рога один за другим, у индийского рог только один — что, двумя лучше бодаться, чем одним? А почему у родственного им бронтотерия рогов было два, но расположены



Головы носорогов и бронтотерия

они были «параллельно», а не «продольно» — какие такие преимущества это давало вымершему гиганту? Или пример из области ботаники: почему у крестоцветных цветок всегда с четырьмя лепестками, а у лютиков — с пятью?

Как это ни покажется странным, такие вопросы возникают гораздо чаще, чем, может быть, этого хотелось бы ученым, пытающимся найти разумное истолкование всем природным явлениям. И оказывается, что самым простым и отнюдь не самым ошибочным объяснением оказывается... просто ссылка на историю: «так уж сложилось исторически». И это вовсе не отговорка: ведь на самом деле, кроме причин внешних (действие факторов отбора) и внутренних (свойства самих организмов), есть еще и *исторические причины*: подчас именно под их влиянием

живые существа получаются такими, какими мы их видим, оказываясь (вы уже читали об этом) «жертвами собственной истории».

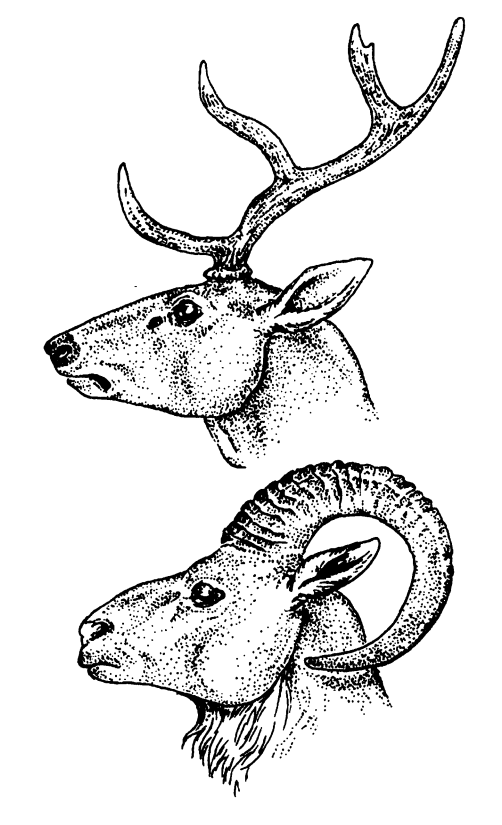
Чтобы выяснить такого рода причины, ученому приходится прослеживать весь путь исторического развития заинтересовавшего его животного или растения. Увы, нередко этот мысленно «пройденный» обратный путь от потомков к их предкам все равно не приносит ожидаемой радости открытия: никакого другого ответа на вопрос, «почему так, а не иначе», кроме все того же «просто так получилось», исследователь не находит. Что же, оказывается, что поиск оказался безрезультатным? Вовсе нет: на самом деле такой якобы не самый удачный ответ вовсе не означает «отсутствие результата». Просто за этой кажущейся «неудачей» нужно суметь увидеть весьма важный результат.

Возьмем, к примеру, все те же конечности наземных животных. Ясно, что у двухсторонне симметричных животных их должно быть четное число — поровну правых и левых ног: поэтому предхвостовой плавник, имеющийся у многих рыб, так и не стал «пятой ногой». Ясно также, что эволюционный прогресс приводит к уменьшению числа члеников тела (об этом вы уже читали), а с ними — и числа конечностей, а вот сколько их будет — четыре, шесть или восемь, — совершенно непринципиально. Какой же из этого можно сделать эволюционный вывод?

Очень простой: оказывается, *одну и ту же задачу можно решать разными способами*. Вы, наверное, знаете, что при решении некоторых математических задач встречаются два типа условий — необходимые и достаточные. То же самое и в эволюции. Например, наличие парных конечностей — совершенно необходимое условие для ходьбы (впрочем, ползать можно и без них). Но конкретное число конечностей уже относится к категории условий достаточных: ведь птицам, да и человеку, хватает и единственной пары ног.

И это открывает широчайшие возможности для «эволюционных экспериментов». Живые существа по мере эволюции пробуют разные варианты решения какой-то задачи по освоению новых условий обитания. Одни из них отсекаются отбором как «ошибочные», а все, что проходит «сито отбора», закрепляется в потомках. Поэтому у одних копытных копыта парные, а у других — одинарные, у носорогов рога на носу, а у большинства парнокопытных — на лбу, у оленей эти рога сплошные костные, а у баранов — роговые чехлы на костной основе. А вот чего никогда не бывает, так это хищных зверей с рогами и копытами: такого странного сочетания природа не терпит!

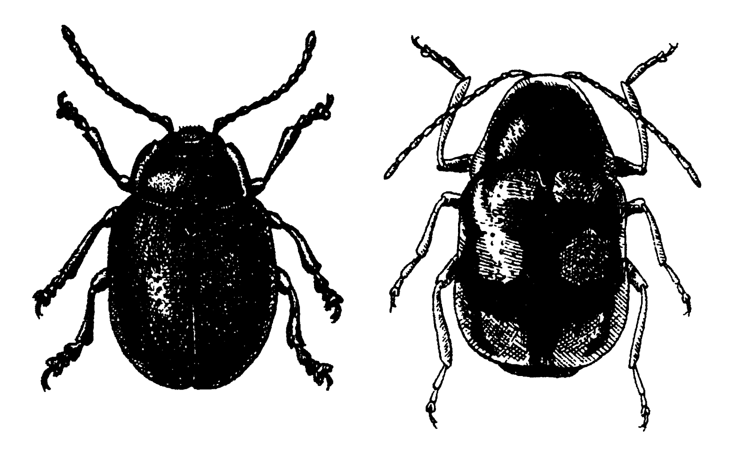
Да, просто так получилось... То есть, может быть, и не совсем просто, может быть, у оленей и баранов были какие-то «внутренние» предпосылки для формирования разных типов



Рога оленя и барана

рогов — мы ведь знаем, что свойства предков могут определять направления эволюции их потомков. Но вот какие именно свойства? Порой их поиски приводят к довольно неожиданным результатам. И вот вам пример.

Некоторые жуки-листоеды интересны пестрой окраской надкрыльев: светлые пятна самой разной формы и размеров позволяют четко различать виды. Но как они возникли, из



Жуки-листоеды

каких элементов сложился столь разнообразный рисунок у исходно однотонных насекомых? Специальные исследования показали, что в эволюции этих жучков, изначально окрашенных в однотонный буроватый цвет, первейшей задачей было укрепление надкрыльев. Чтобы сделать их более прочными, природа «нашла» довольно простое инженерное решение: не стала утолщать надкрылья по всей площади, а соорудила нечто вроде «ребер жесткости». У одних жучков они получились продольными, у других — поперечными, у третьих образовали решетчатую структуру. Темный пигмент, в который были окрашены гладкие надкрылья у примитивных листоедов, на этих ребрах по каким-то причинам стал светлым. Понятно, что распределение светлого на темном поначалу целиком определялось соотношением «ребер жесткости», никакого особого

приспособительного смысла в нем не было: то есть и сам этот рисунок, и разные его варианты получились... «просто так». А потом оказалось, что пестрая окраска может использоваться в качестве опознавательного сигнала: тем самым она приобрела самостоятельное значение и была «подхвачена» естественным отбором.

Этот отбор, как вы знаете, «близорук», причем он не только «не видит дальше своего носа», но и не «различает» варианты строения, которые никак не сказываются на приспособленности организма. Например, цвет глаз не влияет на их зоркость и потому не контролируется отбором. В результате в популяциях сохраняются не только полезные, но и так называемые **«нейтральные» мутации**, особенно много их в генах, кодирующих молекулы ферментов. Разумеется, все, что может отрицательно сказаться на участии этих молекул в обменных процессах, протекающих в клетках, жестко «отсекается» отбором. Но если замена какой-то одной аминокислоты в ферменте не повлияет на жизнедеятельность организма, то отбор ее просто не «заметит» и мутация останется в последующих поколениях. Одна мутация, другая, третья — так постепенно накапливаются различия между видами, не связанные с действием отбора: происходит **«нейтральная эволюция»**.

Такого рода изменения в строении ферментов происходят без каких-либо побудительных внешних причин, совершенно случайно,

то есть именно «просто так». В силу случайной природы мутаций скорость нейтральной эволюции оказывается приблизительно одинаковой в самых разных группах. Получается нечто вроде **«молекулярных часов»**, которые время эволюции измеряют количеством накопленных нейтральных мутаций. И это, как выяснилось, позволяет рассчитывать время расхождения ветвей на эволюционном древе по результатам сравнения строения молекул у разных организмов. Конечно, все это весьма приблизительно и не без ошибок; и все равно, иного способа напрямую сопоставить время эволюции, например, человека, сосны и бактерии биологическая наука пока не придумала.

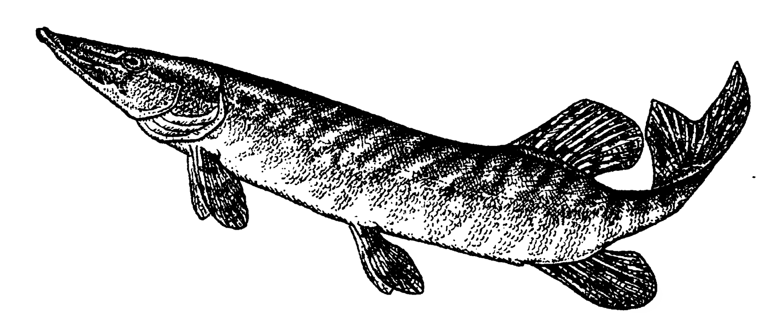
ОДНИМ И ТЕМ ЖЕ РАЗНОЕ

Один из законов эволюции гласит, что освоение каждым вновь зарождающимся видом своей собственной экологической ниши приводит к появлению у него какой-нибудь иной по сравнению с предками и ближайшими родичами морфологической или физиологической особенности. Впрочем, почему «какой-нибудь» — вполне определенной: именно такой, которая позволяет эту нишу осваивать наилучшим образом. Точно так же происходит и проникновение в новые адаптивные зоны: только в данном случае приспособление к чуждым прежде условиям обитания требует

выработки уже целого комплекса приспособлений, отсутствующих у родственных форм. Все это вместе взятое и обозначается уже известным вам понятием **дивергенции**.

Но вам знаком и другой закон эволюции: каждое новшество появляется не на пустом месте, исходным материалом для него служат уже имеющиеся у предков морфологические структуры. Поэтому зачастую все, что требуется от «первооткрывателей» новой адаптивной зоны, — приспособить к иным условиям обитания тот или иной подходящий для этих целей орган, соответственным образом изменив его функциональное назначение и строение. И правда, иной раз проще бывает сменить функцию у уже имеющегося органа, нежели придумать целый новый орган. При этом в процессе дивергенции «старым» морфологическим конструкциям порой находится столь неожиданное применение, что распознать в их видоизмененном строении исходный план строения бывает весьма и весьма непросто. Этим как раз и занимаются ученые-эволюционисты: они выясняют, что во что превратилось, какие из морфологических структур, пусть даже внешне совершенно несхожие, являются **гомологичными**, и на этом основании реконструируют все эволюционное древо жизни.

Чтобы выяснить, как два закона — дивергенции и **смены функций** — «работают» вместе, давайте проследим изменения, которые претерпели конечности в процессе эволюции



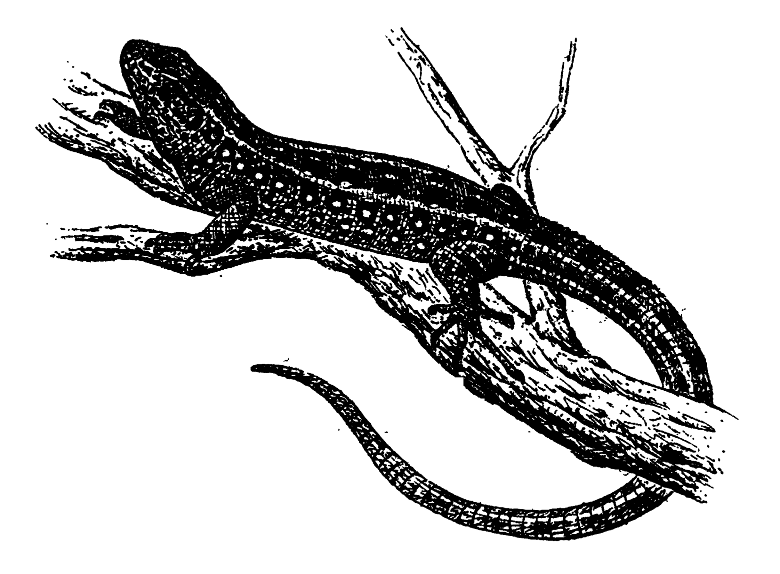
Рыба

наземных позвоночных. Как вы знаете, их предками были плавающие в воде рыбы, помогающие себе при движении плавниками. На нижней части тела этих плавников две пары — грудные и брюшные (о непарных мы здесь не говорим по вполне понятным вам причинам). Именно они при переселении на сушу и стали **ходильными конечностями**: грудные плавники превратились в передние ноги, а брюшные — в задние ноги. При этом изменился способ «крепления» конечностей к телу: часть рыбьих костей в переднем отделе превратилась в ключицу и лопатку, а в заднем — в таз. Единая же рабочая лопасть плавника, став опорной частью ноги, разделилась на отдельные пальцы, числом пять: так было ловчее цепляться за неровности твердого грунта.

Сразу стоит заметить, что это новообразование — пальцы — сыграло воистину выдающуюся роль в истории наземных позвоночных. Ведь именно благодаря им много позже передняя конечность из «ходильной» превратилась

в «хватательную». Так что у человека его все умеющие ловкие руки — тоже наследие лап тех самых пятипалых первопроходцев-амфибий.

Что же происходило дальше? Поначалу амфибии, а затем и их ближайшие потомки — наземные рептилии — всю свою двигательную активность на суше ограничивали хождением или бегом на «всех четырех». Соответственно, ноги специализировались именно как «ходильные»: по мере увеличения размеров животных и скорости их передвижений (хищники гонялись за жертвами, те от них удирали) конечности становились все выше, а у особо крупных превращались в эдакие «столбы», нимало не напоминающие рыбий плавник. Посмотрите, на что опирается массивное туловище носорога



Ящерица

или слона: точно такими же были конечности у гигантских травоядных рептилий вроде стегозавра, живших сотню миллионов лет назад.

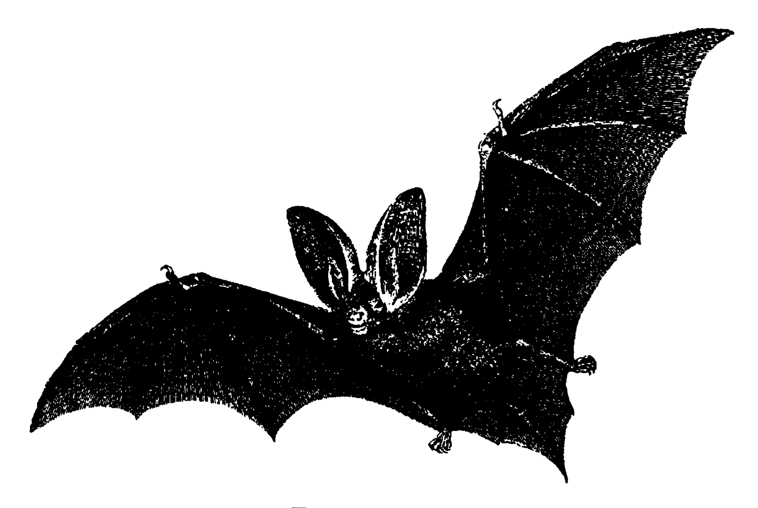
Существенно изменилось и внутреннее строение самих костей: из монолитных они постепенно стали трубчатыми, с полостью внутри. Это существенно облегчило весь скелет, что через десятки миллионов лет позволило появиться на свет таким многотонным гигантам, как диплодок, бронтозавр, тираннозавр. Если бы у них сохранилось прежнее «плотное» строение костей, эти животные весили бы не десятки, а сотни тонн и просто были бы раздавлены своей собственной тяжестью. Кстати, эта полость вовсе не «простаивает» понапрасну: она заполнена так называемым **«костным мозгом»**, который служит одним из важнейших центров образования красных кровяных телец — эритроцитов.

Некрупные древние динозавры были, по-видимому, первыми, кто освоил двуногий бег. Изначально это было связано с необходимостью увеличить длину шага: предковое строение заднего пояса конечностей этому мешало, и оказалось проще не перестраивать его, а привстать на задние лапы, чтобы изменить соотношение костей таза и бедра.

Вертикальная поза освободила передние лапы от необходимости служить опорой при ходьбе: они отчасти сменили свою функцию и из ходильных стали если не хватательными, то «цеплятельными». Но, как это нередко бывает,

отдаленные последствия двуногости оказались вовсе не теми, ради чего она затевалась: передние конечности, перестав опираться на землю, получили «свободу действий» и постепенно преобразовались в крылья. И в результате очередной смены функций передних лап произошел активный полет у всех устремившихся в воздух потомков все тех же примитивных коротконогих амфибий — и у птерозавров, и у птиц.

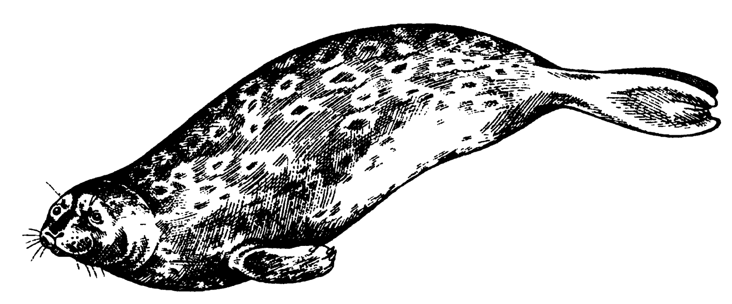
Но вот что интересно: во всех этих группах «летающих позвоночных» конструкция крыла получилась существенно различной. У птерозавров (сходно с рукокрылыми) несущую поверхность крыла образует кожистая перепонка. При этом у крылатых рептилий она оказалась натянутой только на последний палец, а у крылатых зверей в ее натяжении участвуют



Летучая мышь

почти все пальцы «руки». В отличие от этого, у птиц рабочая поверхность крыла образована плотно налегающими друг на друга перьями, а пальцы передней конечности вовсе утратили функциональное значение. Как видно, у птиц перьевой покров, который сформировался еще у их предков для сохранения тепла, оказался своего рода «преадаптацией» к созданию особой конструкции крыла.

Если одни наземные позвоночные устремились в воздух, то другие предпочли вернуться в «колыбель» всего живого — в водную среду. При этом их конечности претерпели характерные изменения, по которым мы с легкостью отличим обитателя суши от речного или морского жителя. Дальше всего от наземного типа уклонились так называемые **вторичноводные** животные, то есть те, для которых водная среда опять стала «домом родным»: проводя в воде всю или почти всю жизнь, они вполне уподобились рыбе. В результате лапы у них по назначению и, следовательно, по строению стали настоящими **ластами**, похожими на рыбий



Нерпа

плавник, утратив расчлененность на пальцы. Вымершие плезиозавры, ластоногие, морские черепахи, активно пользовавшиеся при плавании конечностями — всеми четырьмя или только передними, еще сохраняли их подвижность. А вот у ихтиозавров и дельфинов передние ласты и вовсе превратились в малоподвижные «рули глубины», а задние полностью исчезли: эти «рыбоящеры» и «рыбозвери» плавают, подобно акулам, только с помощью хвостовой лопасти. Причем при «возвращении» в воду у млекопитающих кости конечностей опять стали плотными и очень тяжелыми. Поэтому-то кит-полосатик весит раза в четыре больше диплодока, хотя длина тела, от кончика морды до кончика хвоста, у обоих этих самых крупных из когда-либо существовавших животных приблизительно одинакова.

ОДНО И ТО ЖЕ ПО-РАЗНОМУ

Усложнение организма неизбежно ведет к тому, что его органы специализируются на выполнении определенных функций. И это вполне понятно: ведь чем лучше какой-то орган выполняет свою функцию, для которой он предназначен, тем он эффективнее. Именно в этом и состоит действие уже известного вам принципа **интенсификации функций**. Казалось бы, по идее он всегда должен вести к тому, что за каждой отдельной функцией закрепляется

какой-то один орган. Но реальная жизнь гибче самой красивой «идеи», и потому в природе такая «узкая специализация» органов встречается достаточно редко.

Конечно же, бывают случаи, когда какая-то структура оказывается совершенно незаменимой — например, **глаз** как орган зрения. Причина, очевидно, в том, что в высшей степени специфичной является сама функция зрения: законы оптики ни отменить, ни «обойти» невозможно. А раз так, то, наверное, глаз и не может быть устроен по-другому, никакой другой орган его заменить не способен. В этом убеждает поразительное сходство в строении глаза у головоногих моллюсков и позвоночных, относящихся к совершенно разным ветвям эволюционного древа животных: глаз у них имеет разное происхождение, то есть является **аналогичным**, а не **гомологичным** органом. Более того, принцип устройства фотоаппарата такой же, что и глаза: объектив с диафрагмой — это зрачок, линза подобна хрусталику, а свето- и цветочувствительная пленка — то же, что сетчатка.

Но все-таки чаще бывает, что одна и та же задача может решаться разными средствами. И такое *множественное обеспечение функций* имеет огромные преимущества перед стремлением жестко «привязывать» каждую функцию к какому-то одному-единственному органу. С одной стороны, организм как бы «подстраховывает» сам себя за счет того, что одно и то же

может делать по-разному. А с другой стороны, это позволяет создавать новые органы из «подручного материала», на первый взгляд, к выполнению данной функции совершенно неприспособленного. Разве не поразительно — вы об этом уже читали — произошедшее у млекопитающих усложнение органа слуха за счет некоторых костей... рептилийной нижней челюсти!

Конечно, такая гибкость, «оппортунистичность» живых организмов в решении сложнейших задач, которые перед ними ставит окружающий мир, дается не просто так. Предпосылкой для этого служит **«многофункциональность»** самих органов: большинство из них способно участвовать в осуществлении сразу нескольких функций. Например, тонкий кожный покров у земноводных участвует не только в защите тела от неблагоприятных воздействий среды, но и в обогащении крови кислородом. Как видно, функцию дыхания у лягушки обеспечивают сразу два совершенно разных органа — легкие и кожа. У насекомых, напротив, наружные хитиновые покровы стали настолько прочными, что взяли на себя функции наружного скелета. Так что если сравнить его с внутренним костным скелетом позвоночных, то становится ясно, что и опорную функцию можно обеспечивать по-разному. А ведь существует еще и так называемый «гидростатический скелет»: в данном случае опору дает жидкость, которая находится под давлением в клеточных вакуолях у

травянистых растений или в полости тела у круглых червей.

Просто поразительную гибкость в выборе способа обеспечения той или иной функции проявляет порой организм, когда на очередном этапе эволюции ему приходится отказываться от ответственного за нее органа. Вы, наверное, обращали внимание на то, что птицы обязательно склевывают мелкие камешки. Дикие пернатые или обитатели птичьего двора сами их отыскивают на земле, а вот певчим обитателям клеток их даже приходится подсыпать в корм. А знаете почему? Потому что у птиц, как известно, нет зубов, которыми они могли бы перемалывать семена растений или раздавливать хитиновые покровы насекомых.

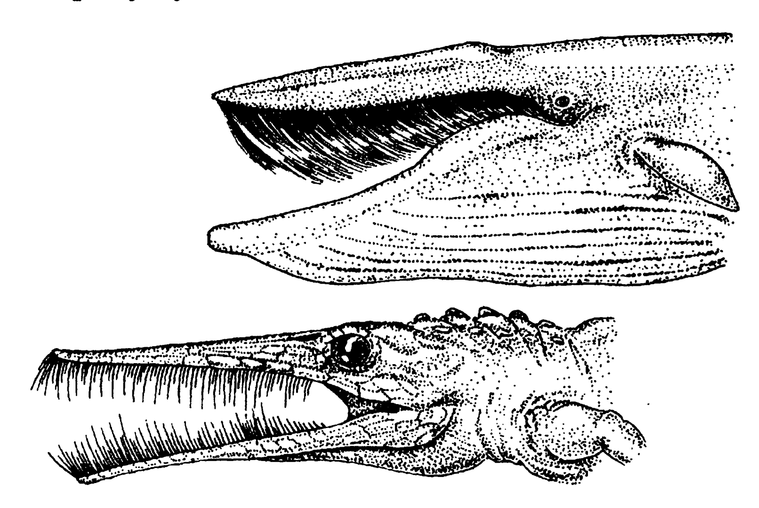
А теперь давайте посмотрим на это с эволюционной точки зрения. При переходе к активному полету птицам потребовалось существенно облегчить череп: по этой причине у них стали тоньше все кости, в том числе и формирующие рострум, который превратился в тонкий клюв. Зубы в нем уже не могли крепко держаться и исчезли. У некоторых птиц — например, у родственных уткам крохалей — функцию зубного ряда на себя взял зазубренный край рогового надклювья. У других же — а таких большинство — даже и этого нет. Но измельчать твердую пищу все равно ведь надо! Так вот, у птиц решение этой задачи от вооруженной зубами ротовой полости перешло к желудку, при этом функцию зубов начали выполнять...

камешки, а желудочные стенки стали очень мускулистыми, чтобы тереть эти камешки друг о друга, словно крохотные жернова, — чем не аналог жевательной мускулатуры? Так произошло **замещение органа** при сохранении той же функции — еще один важный эволюционный принцип.

Среди водных позвоночных, причем очень крупных, есть такие, которые питаются **планктоном**. Причина понятна: в водной толще плавает огромное количество всяческой мелкой живности — готовый «бульон», только рот подставляй. Но ведь гоняться морским гигантам за каждым рачком, как вы понимаете, совершенно невозможно. Много ли вы наберете в пруду дафний, если будете стараться схватить пятерней то одну, то другую резво скачущую в толще воды «водяную блоху», — сачком-то гораздо уловистей получается. Точно так же и гигантские обитатели морей научились при ловле планктона применять так называемый способ фильтрации. Понятно, что для этого нужно: рот побольше, чтобы можно было набрать массу воды со всей плавающей в ней мелюзгой, да какое-нибудь «сито», чтобы процеживать густой «морской бульон». Но само сито, оказывается, может быть устроено совершенно по-разному.

Китовые акулы для этого используют жабры. У вторичноводных позвоночных, то есть тех, кто вернулся в воду с суши, жабр нет — какой же выход? Жившие в пермский период

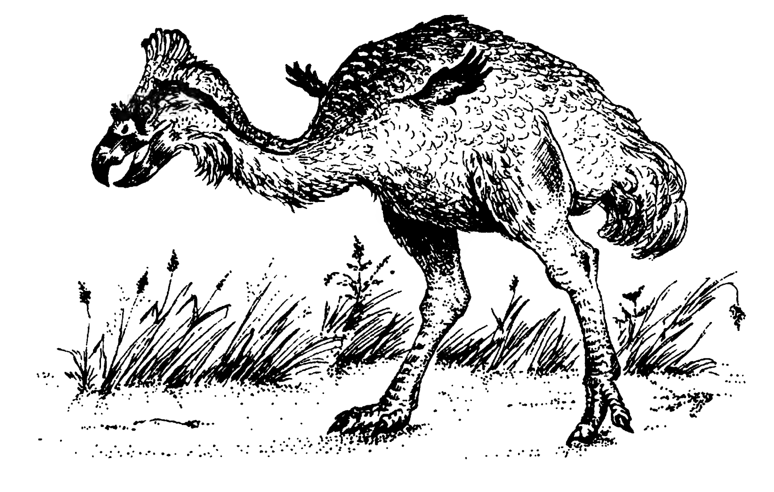
мезозавры приспособили частокол из нескольких сотен тонких длинных зубов (хочется верить, что эти морские ящеры не страдали зубной болью). А вот усатые киты поступили совсем «не по правилам». У их предков был полный набор зубов; их не менее двух сотен и у отдаленных родичей китов — речных дельфинов. Так что эти морские гиганты вполне могли бы обойтись тем же «подручным материалом», что и мезозавры. Но они почему-то пошли иным путем и в качестве сита «изобрели»... совершенно уникальный так называемый **«китовый ус»** — многочисленные роговые пластины, свешивающиеся с нёба. Как вы думаете, каковы могли быть предпосылки устройства ротовой полости у этих китообразных, повернувшие их эволюцию в сторону «усатости»?



Головы усатого кита и мезозавра

Примечательно, что принцип замещения органов действует и в эволюции природных сообществ. В данном случае само сообщество выступает в качестве организма, функции соответствует определенное звено в той или другой пищевой цепочке, а «органом» является вид с его пищевой специализацией. Совершенно очевидно, что одну и ту же функцию могут выполнять разные виды — важно лишь, чтобы они сумели приспособиться к ней. Например, в тропических лесах нектар цветов одинаково успешно собирают и бабочки-бражники, и крохотные колибри, и даже некоторые летучие мыши. Причем делают это они очень похоже: зависают в воздухе перед цветком, быстро-быстро махая крыльями, и запускают в глубь цветочной трубки длинный хоботок или язык. Как видите, природа и тут творит свои создания из «подручного материала».

Следствием этого оказывается появление на разных континентах или в разные эпохи так называемых «экологических аналогов». Иногда они получаются очень близкими: наш хороший знакомый волк из северных лесов и сумчатый волк из Австралии действительно очень похожи друг на друга. Но чему же здесь удивляться? Ведь оба они относятся к млекопитающим и предками их были сходно устроенные всеядные зверьки вроде опоссума. Гораздо более удивительны случаи, когда экологический аналог, за неимением лучшего, производится из совсем другого «материала».



Фороракa

Такое случилось несколько десятков миллионов лет назад в Южной Америке. В те времена среди местных сумчатых были многочисленные плотоядные звери пострашнее австралийского сумчатого волка: там обитали такие чудища, как саблезубый «сумчатый тигр» тилакосмил или медведеподобная проборгиена. Все они были коротконогие, не способные к быстрому бегу, их добычей были медлительные гигантские неполнозубые. Но ничего похожего на быстроногих хищников волчьего типа из сумчатых там почему-то не получилось. А плацентарные хищники в Южную Америку тогда еще не проникли, они появились на этом континенте значительно позже, когда возник Панамский перешеек. Но ведь не может такая экологическая ниша пустовать! И что же вы думаете: роль «бегающего

хищника», по способу охоты подобного волку, в древних южноамериканских прериях эволюция отвела... форораке — отдаленной родственнице журавлей, со страуса размером и тоже нелетающей, с огромным крючковатым клювом.

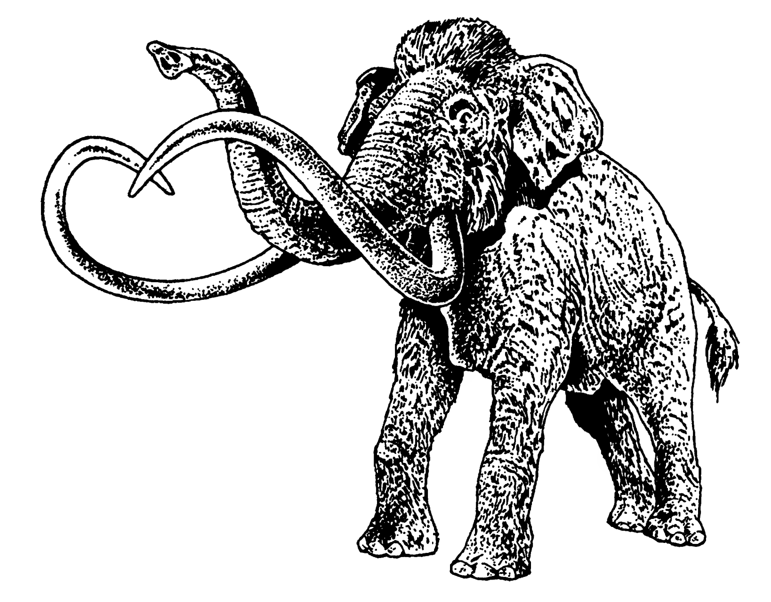
И В ЭВОЛЮЦИИ БЫВАЮТ «ТУПИКИ»

Иной раз облик какого-нибудь существа поражает не своей гармонией, а, наоборот, какой-то бросающейся в глаза нелепостью. Хорошо, если кажущаяся «несуразной» особенность строения на поверку оказывается изощренным приспособлением к каким-то очень специальным требованиям среды — например, форма плавников у морского конька-тряпичника, обитателя коралловых рифов. Тогда остается лишь в очередной раз восхититься изобретательством матушки-природы. А если нет?

Возьмем, к примеру, **хоботных.** Многие «выдающиеся» особенности их строения, если отвлечься от того, что ими «украшен» наш общий любимец, мирный гигант слон, на самом деле представляют собой настоящие уродства. Впрочем, некоторые



Морской конек-тряпичник



Мамонт

из них с функциональной точки зрения вполне понятны и объяснимы. Столбообразные ноги нужны, чтобы поддерживать массивное бочкообразное туловище, длинным змеевидным хоботом (у нас уже был о нем разговор) можно доставать с земли или обрывать с деревьев ветки и отправлять их в рот, а огромными бивнями — подрывать корни или «фиксировать» ствол дерева, когда животное упирается в него лбом, чтобы повалить. Все это имелось и у мамонта, только вот бивни у него были закручены концами внутрь так, что едва ли этот мохнатый исполин мог ими пользоваться «по назначению». Зачем же они ему такие, что он может ими делать? И как сие «архитектурное

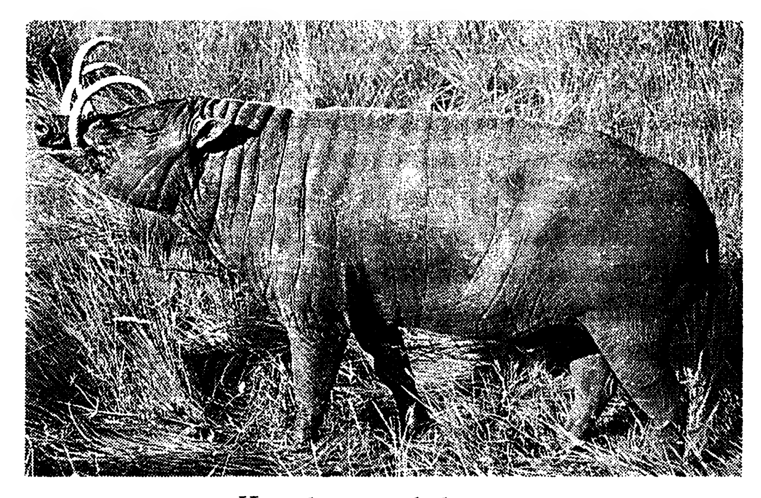
излишество» могло получиться, если эволюция — это процесс приспособления конкретных органов к выполнению конкретных функций?

Ученых издавна поражали такого рода «нелепости». И вот, будучи не в силах объяснить с рациональной точки зрения их смысл и предназначение, они решили, что есть особый путь эволюции, заводящий в... «тупик». И назвали они этот путь **«инадаптивной эволюцией»**, то есть «неадаптивной» или даже «неправильно адаптивной». И стал он настоящим «камнем преткновения» для самых разных эволюционных учений. С одной стороны, если в живые организмы якобы заложено «стремление» к определенной «цели» (а в том, что эта цель осмысленна, никто и не сомневался), то как же эволюция может быть направлена «в никуда»? С другой стороны, если какие-либо особенности строения организма возникают в результате приспособления к конкретным условиям существования (по принципу «здесь и сейчас»), то как же получаются признаки, вроде бы ни к чему и не приспособленные? Да, мы говорили о «нейтральной» эволюции, сиречь эволюции «без отбора», но ведь «нейтральность» не то же самое, что «вредность», а разве «инадаптивность», заводящая в тупик, не есть «вредность»?

Давайте попробуем разобраться с этой проблемой спокойно, шаг за шагом, а не с наскока, словно мечом разрубая гордиев узел. И для начала вспомним одну самую простую

истину: подчас проблемы непонимания происходящих в природе процессов кроятся в нас самих, а не вне нас. Действительно, на каком основании мы считаем, что та или иная особенность строения не имеет приспособительного значения? Да чаще всего просто потому, что сами не смогли понять это значение, оно оказалось нам «не по разуму»: ведь мы пытаемся понять и объяснить какое-то явление природы, исходя из нашего собственного разумения, то есть в определенном смысле «навязывая» природе наше мнение о ней. И вот вам пример.

В тропических лесах Больших Зондских островов живет несколько странное млекопитающее, отдаленный родственник наших свиней — **целебесская бабирусса.** У нее весьма примечательные бивни: они направлены вверх



Целебесская бабирусса

и закручены по бокам головы своеобразной полуспиралью. Долгое время эта особенность бабируссы считалась непонятной «игрой природы», таким же «эволюционным тупиком», как и бивни мамонта. Ну не видели ученые, разглядывая чучело этого небольшого копытного в тиши и покое научных кабинетов, каким образом столь «несуразное» сооружение на голове можно было бы применить с пользой для дела. Точнее сказать, они не видели, как сами управились бы с такими причудливо изогнутыми бивнями.

Но вот как-то раз в места, где живет бабирусса, попал исследователь, свято убежденный, что все в эволюции — от адаптации и для адаптации. И ему потребовалось всего несколько часов побродить звериными тропами, проложенными среди самых густых зарослей, чтобы, изодрав о колючки одежду и собственную кожу, догадаться: возможно, столь странная конфигурация бивней у бабируссы — особый способ защитить глаза, когда животное прокладывает себе путь в гуще кустарников.

Итак, «инадаптивной» эволюция кажется лишь до тех пор, пока остается непонятым назначение той или иной структуры. Так что, возможно, и загадку бивней мамонта кто-нибудь со временем разгадает. Но значит ли, что, разобравшись с «инадаптивностью», мы одновременно решили и проблему «тупиков» в эволюционном процессе? А вот и нет, потому что это далеко не одно и то же. Так что давайте дальше разбираться с этой проблемой.

Теперь нам для этого придется вспомнить, что эволюция «близорука» и неспособна «предвидеть» последствия приобретаемых «здесь и сейчас» новшеств. Живой организм может быть чудесным (хоть и не всегда объяснимым) образом приспособлен к определенной среде обитания — тому есть неисчислимые примеры. Но как только среда меняется, куда улетучивается вся та гармония, над созданием которой природа трудилась многие и многие миллионы лет? Какие великолепные хвощевые и папоротниковые леса шумели по всей Земле в каменноугольный период и что с ними сталось, когда климат на планете стал более сухим и прохладным? Сколько фантазии было употреблено природой на сотворение сотен видов коралловых рыбок и что будет стоить все их богатство форм и красок, если коралловые рифы вдруг исчезнут? Маловероятно, скажете вы? Да, но ведь без малого две сотни миллионов лет на суше царствовали динозавры и кто бы мог в пору расцвета этих рептилий сказать, что их эволюция «инадаптивна»? А вот же взяли и вымерли без остатка...

Так что, получается, «адаптивный» или «неадаптивный» характер эволюции — это просто все те же две уже знакомые вам стороны одной медали. В той мере, в какой существуют разнообразные направления адаптивной радиации, существуют и **«эволюционные тупики»**. Потому что в любой момент те условия среды, в приспособлении к которым развивалась та или

иная группа живых организмов, могут резко измениться, и все «старания» эволюции пойдут насмарку, самое что ни на есть прогрессивное направление может оказаться тупиковым.

И вот что примечательно: такие «тупики» нередко возникают не на завершающих, а на самых ранних этапах эволюции любой вновь возникающей группы организмов — царства, типа или класса. Они дают первый всплеск ее разнообразия: это как бы «пробы пера», ими эволюция «экспериментирует», нащупывая наиболее перспективные пути дальнейшего развития. Какие-то из них оказываются «неудачными», из них-то и получаются «эволюционные тупики»; другие же открывают новые стратегические направления и тем самым оказываются «перспективными», «прогрессивными».

Именно такими «пробами пера» являются многие так называемые «малые типы» животных, появившиеся около миллиарда лет назад на заре становления многоклеточности. Несколько десятков их в лице единичных представителей «дотянуло» до наших дней — пластинчатые, сипункулиды, погонофоры и так далее. Но кто знает, сколько вымерло? А еще раньше: как широки были поиски наиболее эффективных способов первичного (**автотрофного**) потребления энергии в те времена, когда на Земле вся жизнь была еще «прокариотной»! Наиболее многообещающим по своим последствиям оказался фотосинтез, поскольку именно благодаря ему возникла вся «кислородная»

жизнь. А все остальные направления специализации перешли в разряд «тупиковых», в том смысле, что не их оказалось «царствие земное». Но разве появление **бактерий**, у которых обмен веществ составляет только брожение, есть результат «неприспособительной» эволюции? Ведь они и по сей день, хоть и самые архаичные из живых существ, процветают на Земле, играя важнейшую роль в природных сообществах!

И все-таки иногда эволюция действительно заводит свои творения в «тупики», причем предпосылки столь нерадостных перспектив подчас кроятся в особенностях организации самих живых существ. Такой предпосылкой является «**сверхспециализация**», при которой преимущественное, даже чрезмерное развитие получает какая-то одна особенность строения. А поскольку всякое развитие инерционно, то, вступив на этот путь, животные или растения уже не могут свернуть с него — это значило бы «изменить» своему «естеству».

Как вы знаете, закон тяготения не позволяет позвоночным животным наращивать сверх нормы свои размеры и вес. Как после этого не удивляться стремлению многих зверей, прежде всего именно растительноядных, ко все большему увеличению своих размеров, порой просто к гигантизму?! Так, наиболее крупный из современных неполнозубых гигантский муравьед «гигантский» только по названию, на самом деле он размером всего с собаку. А вот

его родичи, вымершие около миллиона лет назад, действительно были огромными: ленивцы мегатерии были ростом со слона, а броненосцы глиптодонты весом могли потягаться с носорогом. Вы уже знаете, что в значительной мере такого рода «гигантомания» является результатом своеобразной «игры в догонялки» между хищниками и их жертвами. Увы, это стремление к гигантизму практически никогда до добра не доводит, чаще всего завершается вымиранием. И самый яркий, но и самый печальный пример тому — исчезновение всех гигантских рептилий, царивших на Земле на протяжении десятков миллионов лет мезозойской эры.

У торфяного оленя, самого крупного среди всех когда-либо живших представителей семейства оленьих (высота в плечах около двух метров), гигантизм усугубился еще и непомерно разросшимися рогами. Приобрел он их, скорее всего, благодаря так называемому «**половому отбору**»: наибольший успех в турнирных боях, столь характерных вообще для рогатых копытных, имели самые мощные рогачи, у них было больше возможностей оставить после себя потомство. Это и направило эволюцию вида в сторону все большего увеличения ветвистых рогов, размах которых у животных-«рекордсменов» достигал трех метров. Так что, получается, самцы торфяного оленя, соревнуясь в мощи и размерах рогов, как бы сами себя и загнали в «эволюционный тупик»,



Торфяной олень

сделавшись еще одной «жертвой» собственной истории: надо думать, что с такими громадными «украшениями» на голове эти копытные вряд ли могли всерьез противостоять свирепым охотникам, кем бы они ни были — четвероногими или двуногими. Так что, наверное, неслучайно последнюю «точку» в их эволюции поставили рыцари «Круглого стола» при дворе легендарного короля Артура. Ведь столь выдающиеся рога, наверное, были самым желанным трофеем для средневековых вояк: не будь их, в Западной Европе печальная участь

постигла бы, может быть, не торфяного, а **благородного оленя** (правда, у того область распространения была гораздо шире, так что полное вымирание ему вряд ли грозило).

ВЫМИРАНИЯ, УВЫ, НЕИЗБЕЖНЫ

Один из законов развития гласит, что *время существования всякой неравновесной системы* (что это такое, вы уже знаете) *не безгранично*: то, что однажды родилось, неизбежно обречено на смерть. Рождаются и умирают небесные тела — галактики и звезды; рождается и умирает всякое живое существо. Точно так же рождаются и умирают — точнее, **вымирают** — виды и надвидовые группы организмов. И это часть естественного процесса эволюции, а значит, это естественно по самой своей сути и в некотором смысле даже «закономерно», коль скоро следует из законов развития.

Чаще всего причиной вымирания становится изменение внешних обстоятельств. Пересыхает некогда шумное море, на месте зеленого леса образуется голая пустыня, бескрайняя равнина вздыбливается горной цепью — все эти грандиозные природные процессы, меняя облик планеты, меняют и ее население. Ведь каждый организм приспособлен к тем условиям, к жизни в которых он специализировался. Поэтому стоит среде обитания измениться, как вид, если его пластичности недостаточно для

приспособления к новым условиям, исчезает — либо бесследно, либо превратившись в другой вид. А поскольку в природе все взаимосвязано, то исчезновение одного вида подчас обрывает существование и его «партнеров» по сообществу — паразитов или хищников, не сумевших «переключиться» на другие жертвы. Вот, кстати, почему охранять нужно не отдельные виды, а целые природные комплексы: их благополучное существование — залог благополучия всех входящих в них организмов.

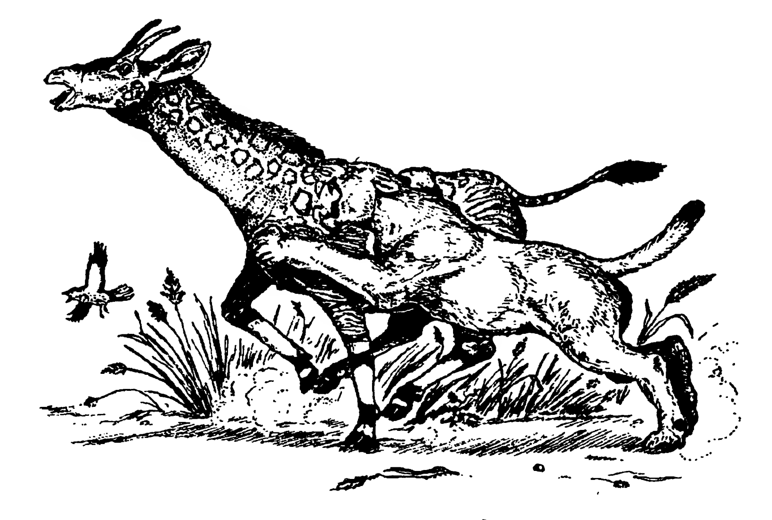
Иногда изменения, происходящие на Земле, бывают столь грандиозными, что сказываются на судьбе многих тысяч видов, относящихся к самым разным группам живых организмов. Эти так называемые **массовые вымирания** относятся к числу наиболее загадочных явлений в истории жизни на Земле. Чаще они совпадают с периодами, когда на Земле образуются новые горные системы и отступают моря. В результате климат на всей планете становится суше и холоднее, так что условия для тепло- и влаголюбивых организмов оказываются малопригодными. Именно так, например, случилось в конце **каменноугольного периода**, когда исчезли древние жаркие болота с густыми лесами из высоченных древовидных хвощей и папоротников и ползавшими в них примитивными амфибиями.

Подобные «кризисы» случались на Земле неоднократно, но самый известный из них — **меловой**, случившийся около 70 миллионов

7*

лет назад и проведший границу между **мезозоем и кайнозоем.** В конце мелового периода общее похолодание климата совпало со значительным сокращением площади суши и превращением континентов в многочисленные острова. Это резко ухудшило условия существования пока еще многочисленных гигантских рептилий и положило начало их вымиранию. Причем исчезли не только динозавры, до того царившие на суше. Вместе с ними канули в небытие их морские родственники — ихтиозавры и плезиозавры, а в воздухе перестали парить птерозавры. Да и беспозвоночные оказались вовлечены в «меловой кризис»: вместе с рептилиями исчезли белемниты и аммониты.

В такие критические периоды наиболее уязвимыми становятся виды, чей путь развития почему-либо оказался «тупиковым». Инерция эволюционного процесса приводит к такой «сверхспециализации», которая почти неизбежно заканчивается вымиранием. Это чаще случается в результате «игры в обгонялки», когда хищник и жертва «соревнуются» между собой в выработке средств истребления и защиты. За примерами далеко ходить не надо: гиганты бронтозавр и тираннозавр среди рептилий, глипотодонт и махайрод среди млекопитающих. Загнанные в «эволюционный тупик», такие животные утрачивают способность реагировать на быстрые изменения среды обитания. Вот почему с появлением на исторической сцене человека так скоро вымерли



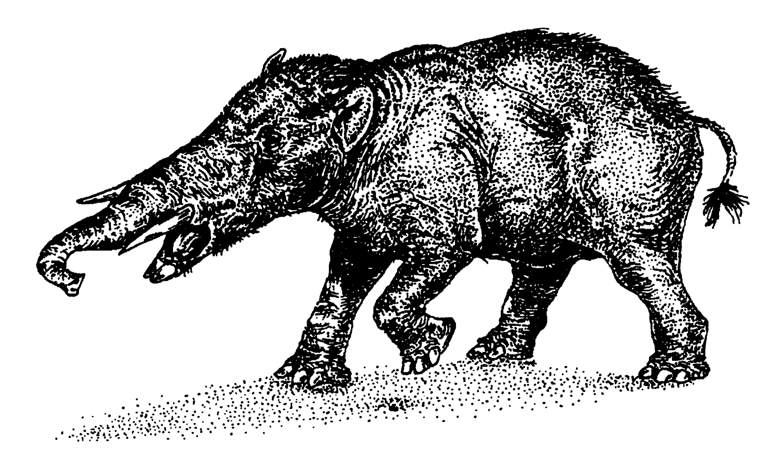
Охота махайрода

некоторые гигантские звери и птицы — мамонт, шерстистый носорог, мадагаскарская бескрылая птица эпиорнис.

Но нет худа без добра: вымирание одних животных и растений освобождает жизненное пространство для других. Если бы не исчезли динозавры и птерозавры, то, кто знает, возможно, не было бы расцвета млекопитающих и птиц. Во время мелового кризиса существенно обновился и растительный покров: преобладавшие до того голосеменные уступили место цветковым растениям, а на месте лесов появились открытые пространства с травянистой растительностью. Это стало предпосылкой для появления невероятного многообразия насекомых, так или иначе связанных с цветами, и птиц, питающихся насекомыми, а также

многочисленных копытных и грызунов, поедающих степную траву.

Нередко виды оказываются «жертвами» не природных катаклизмов, а той эволюционной судьбы, которую выбирает группа организмов, осваивающая новую среду обитания. На ранних этапах эволюции всегда появляются так называемые «переходные» формы, с их помощью новый отряд или класс как бы «отрабатывает» свои адаптивные особенности. Они оказываются своего рода «пробами пера» и обречены на вымирание, их жизнь весьма быстротечна. Например, за время эволюции отряда хоботных, длившейся около 50 миллионов лет, возникло и исчезло несколько десятков видов этих мирных гигантов: дейнотерий, стегодон, мастодонт, мамонт — всех не перечислить. Сходная участь постигла и многочисленных предков лошадей: те же 50 миллионов



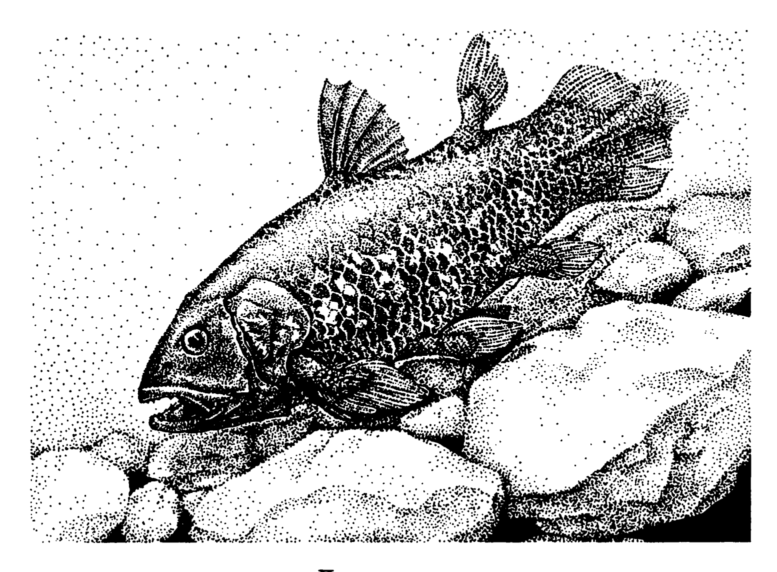
Мастодонт

лет эволюции и те же десятки вымерших видов — гиракотерий, миогиппус, парагиппус, гиппарион и так далее. Расчеты показывают, что продолжительность их существования составляла в среднем всего 3–5 миллионов лет.

Но не всем уготована печальная участь столь быстролетной «эволюционной жизни». Есть и настоящие «счастливчики»: они приспосабливаются к таким условиям, которые обходят стороной всяческие «кризисы», да и охотников вселиться в их экологические ниши почему-то не находится. Это свидетели самых отдаленных геологических эпох, настоящие **«живые ископаемые»**. Мечехвосты как жили около сотни миллионов лет назад одновременно с вымершими без следа трилобитами и ракоскорпионами, так и сегодня продолжают существовать безбедно, копошась в морской мелководной грязи. Да и некоторых насекомых, которых находят «запаянными» в янтаре — каплях древней смолы, застывшей многие миллионы лет назад, — едва ли удается отличить от современных.

Иногда такие «ископаемые» словно «оживают»: точнее, в добром здравии обнаруживаются организмы, ранее числившиеся в списках многочисленных «жертв истории». Такое приключилось с одной из кистеперых рыб — некогда многочисленных предков наземных позвоночных, появившихся более 400 миллионов лет назад. До недавнего времени их считали полностью вымершими. Но в 1938 году

зоологический мир был потрясен настоящей научной сенсацией: в водах Индийского океана около острова Мадагаскар была открыта латимерия — единственная из кистеперых рыб, дожившая до наших дней. Простые рыбаки, ничего не знавшие ни об этих древних созданиях, ни о той грустной судьбе, которую им «уготовили» ученые, взяли да и поймали сетью рыбину длиной в полтора метра со странными мясистыми плавниками. Представляете, каково было молодой хранительнице одного из музеев Южной Африки мисс М. Латимер (в честь которой находка и была названа) увидеть на палубе траулера свежепойманного предка наземных позвоночных?!



Латимерия

Впрочем, если разобраться, то многие из ныне здравствующих на Земле живых существ, причем самых обычных, а не каких-то таинственных, не что иное, как самые настоящие «живые ископаемые». И в этом одна из удивительных загадок эволюции — сохранение «низших» форм жизни по мере появления «высших» ее форм. Действительно, если по мере развития биоты возникают все более высоко организованные существа, то почему же они не вытесняют низшие, а даже, напротив, нередко сами и вымирают? Акулы — прямые потомки древнейших хрящевых рыб и сегодня одни из самых многочисленных обитателей морской стихии, а что сталось с появившимися много позже морскими ящерами ихтиозаврами? И разве мириады бактерий, в настоящее время населяющих почву или воду, не такие же или почти такие, как те, что возникли на заре жизни миллиарды лет назад?

Чтобы разобраться в этом, давайте вспомним, как организовано природное сообщество. В нем есть пищевые цепочки, по которым протекают потоки вещества и энергии. Каждая такая цепочка должна включать как минимум три звена: **продуценты, консументы и редуценты**. Если хотя бы одно звено «выпадет», сообщество не сможет нормально функционировать и в конце концов разрушится, то есть вымрут все входящие в него виды. Но, как вы знаете, именно низшие формы жизни — прокариотные организмы — «работают» редуцентами,

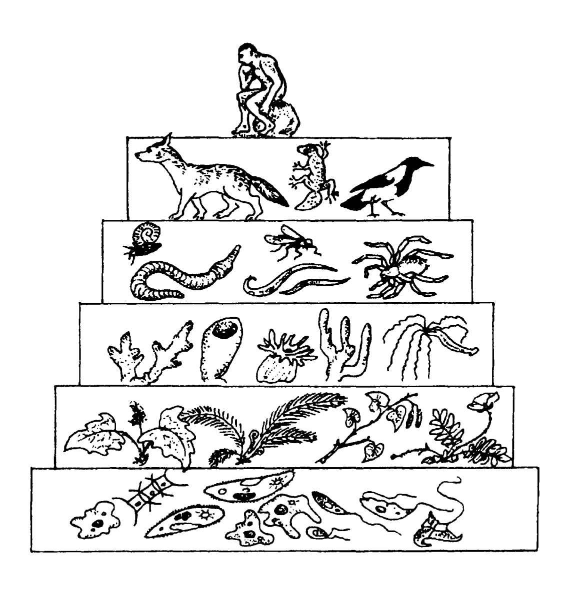
то есть «убирают» весь «мусор», накапливающийся в природе вследствие жизнедеятельности, да и смертей других организмов. А более высоко организованные существа занимают совершенно иные экологические ниши и заменить собой в сообществах бактерий и других прокариот ну никак не способны. Так как же те могут вымереть? Ведь без них живая природа очень быстро превратилась бы во всеобщую «помойку» из непереработанных отходов.

О том, сколь несносным становится существование в такой «помойке», свидетельствует неразумная хозяйственная деятельность человека. Ведь она стала основной причиной нынешнего всеобщего экологического кризиса на Земле и вызванного этим вымирания многих живых организмов. За последние две сотни лет только одних млекопитающих исчезло более 100 видов и разновидностей и еще столько же поставлено на грань полного уничтожения! А ведь о многих потерях мы никогда не узнаем! Разве можно подсчитать, сколько сотен (и это не преувеличение!) видов насекомых и других беспозвоночных исчезает чуть ли не каждый год вместе с тропическими лесами, которые безжалостно сводятся под плантации?

Уроки прежних, «естественных» кризисов, приводящих всякий раз к обновлению жизни на планете, могут служить нам лишь слабым утешением: ведь последствия каждого из них были в значительной мере непредсказуемыми. А ну как нынешний «антропогенный»

(то есть порожденный человеком) кризис очистит дорогу для каких-нибудь монстров, которые многие миллионы лет ждут не дождутся своего часа точно так же, как примитивные звери некогда дождались, когда вымрут гораздо более высокоразвитые (на тот момент истории) и многочисленные динозавры? Жизнь на Земле, конечно же, будет продолжаться, но уже без человека...

ЭВОЛЮЦИОННОЕ ДЕРЕВО ЖИЗНИ



МНОГОЦАРСТВИЕ ЖИВОГО

В стародавние времена, когда о живых созданиях судили только по их внешним особенностям, а о микроскопических существах и слыхом не слыхивали, весь мир живых организмов был поделен на два царства — **растения** (включая грибы) и **животные**. Начало «двоецарствию» положил древнегреческий философ Аристотель, живший в IV веке до нашей эры. И эта его «естественная система» просуществовала без радикальных изменений ни много ни мало 24 века — невообразимо долго по меркам XX столетия, в котором научные революции в биологии происходили одна за другой.

Конечно, ученые всегда осознавали некоторую зыбкость границ, которыми они хотели отделить эти два царства. Как вы уже знаете, по представлениям древних, наряду с растениями и животными среди живых организмов были еще и так называемые **«зоофиты»**, то есть буквально «животные-растения». К ним причислялись организмы, сидящие неподвижно, словно растения, но питающиеся, как животные, — **губки, полипы, мшанки, асцидия** и некоторые другие. По правде сказать, в таких представлениях не было ничего ни удивительного, ни предосудительного: во всякой науке есть место загадкам и неясностям — они отражают достигнутый уровень знания (или, если угодно, незнания).

Удивительно другое: в то время как все только что названные организмы в конечном итоге оказались все-таки причисленными к «лику» животных, наука открыла настоящих «зоофитов». Ими оказались... **грибы**. Выяснилось это, когда ученые утвердились во мнении, что эти существа, хоть и недвижные, по способу питания и важным особенностям биохимии пищеварения несомненно ближе к животным. Но не считать же их в самом деле нашими отдаленными родичами — вот и выделили специально для них в естественной системе третье царство.

Приблизительно в это же время нашлись еще одни, причем весьма многочисленные, кандидаты на «самостийность» — одноклеточные организмы. Как только стали исследовать тончайшее строение клеток, оказалось, что так называемые «микробы» по некоторым основным свойствам едва ли не более разнородны, чем ставшие уже привычными для всех животные и растения, а заодно и грибы. Как из рога изобилия, посыпались открытия, вселившие в головах ученых полную сумятицу: «простейших» делили и объединяли, к ним то относили каких-то одноклеточных, традиционно



Гриб груздь

числящихся за царством растений или грибов, то исключали. Дело доходило до смешного: одни и те же простейшие, такие как **эвглена**, приводились в учебниках и по ботанике, и по зоологии. И вправду, в какое царство включать существа, которые оказались «зоофитами» в полном смысле этого слова: на свету питаются как растения, а в темноте — как животные?

И опять было найдено самое простое решение — выделить для одноклеточных самостоятельное царство **протистов**. Но самое простое не всегда означает самое правильное — очень скоро последовала система из пяти царств: одноклеточные организмы были разделены на **прокариот и эукариот**. А дальше... дальше новые царства одноклеточных стали «плодиться» словно сами эти одноклеточные. В последнее время их делят иногда на добрые два десятка царств, наряду с растениями и животными.

На столь радикальные перекройки естественной системы низших организмов ученых сподвигло разнообразие одноклеточных по признакам, которые считаются основополагающими для жизнедеятельности животных и растений, занимающих более высокое положение в этой системе. Но так ли они, эти признаки, фундаментальны для самих микроорганизмов? Ведь на заре жизни всевозможные способы включения прокариот в круговорот веществ (вы о них прочитаете чуть ниже) были не более чем «пробами пера». А изучение



Древо жизни

самых разных групп организмов показывает, что на начальных стадиях исторического развития эволюция экспериментирует с необычайной легкостью со своими «подопечными». Так что десять царств одних только бактерий все-таки, наверное, многовато.

Так сколько же царств живых организмов на самом деле существует, спросите вы. Что ж, вряд ли кто-нибудь сегодня возьмет на себя смелость ответить на этот вопрос с полной определенностью. Дело в том, что в истории каждой науки случаются «кризисы» — старые представления отживают, а новые только нарождаются. Так и в систематике: придется подождать еще несколько лет, пока наступит ясность. А может быть, кто-то из вас, принявшись

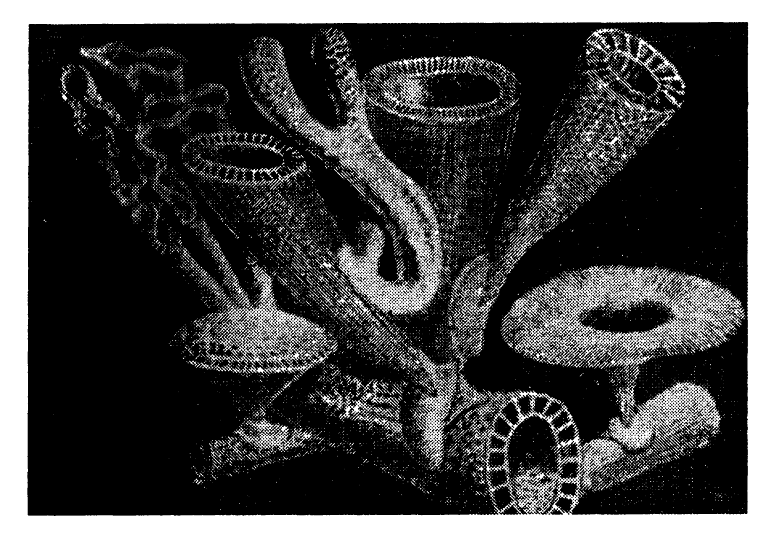
за изучение естественной системы, тоже внесет свою лепту в ее уточнение?

Система типов **животных** пережила кризис «дробительства» столетием раньше. Началось все с четырех-пяти типов, сейчас же их насчитывается около 30. Но это число вряд ли можно считать окончательным: ведь за последние полвека было открыто еще два новых типа **беспозвоночных** животных. На этом фоне разнообразие **растений** более скромно: их признается менее десятка типов (точнее, отделов — так у растений называются типы). Еще несколько типов приходится на царство **грибов**. Но что касается **одноклеточных** организмов, то здесь ситуация в точности повторяет неразбериху с царствами: сейчас их делят на 30–70 типов!

У растений и животных типы характеризуются главным образом спецификой плана строения тела и начальных этапов развития зародыша. Поэтому, естественно, чем более резко выражена эта специфика, тем тип считается надежнее выделенным. Наверное, вряд ли кто-нибудь возьмется оспаривать естественность типов **членистоногих**, **моллюсков**, **хордовых**. Но наряду с ними есть типы, так сказать, «сомнительного» свойства, с их выделением согласны далеко не все специалисты-систематики. Но вас это не должно смущать: вы ведь уже поняли, что в систематике, как и во всякой науке, существует разнообразие точек зрения.

По видовому обилию и разнообразию типы тоже весьма неравноценны. Например, на тип **членистоногих** приходится около трех четвертей всех живущих на Земле организмов. Немногим уступает ему и тип **моллюсков.** Тип **хордовых**, хоть и не очень богат видами (в сравнении с членистоногими), но зато в его составе есть **позвоночные** животные, которые играют исключительно важную роль в круговороте веществ в природе. Не в пример им есть типы, которые иначе как «малыми» и не назовешь: и видами не богаты, да и в природе им отведено более чем скромное место. О таких животных разве что немногие специалисты и знают, другим же такие названия как, например, **сипункулиды**, вообще ничего не говорят. Но примечательно вот что: таких «малых» типов чуть ли не вдвое больше, чем «больших» — почему это так?

Практически все известные ныне типы живых организмов возникли не менее миллиарда лет тому назад. Во всяком случае, в ископаемом состоянии они известны начиная с самого начала **палеозойской эры** (об этой и других геологических эрах и эпохах вы уже читали раньше). В добавление к ним, в те времена существовало еще несколько типов низкоорганизованных животных, вымерших на протяжении палеозоя, — например, **археоциаты.** Но значит ли это, что мы доподлинно знаем о реальном разнообразии типов многоклеточных животных, существовавших в то время?



Археоциаты

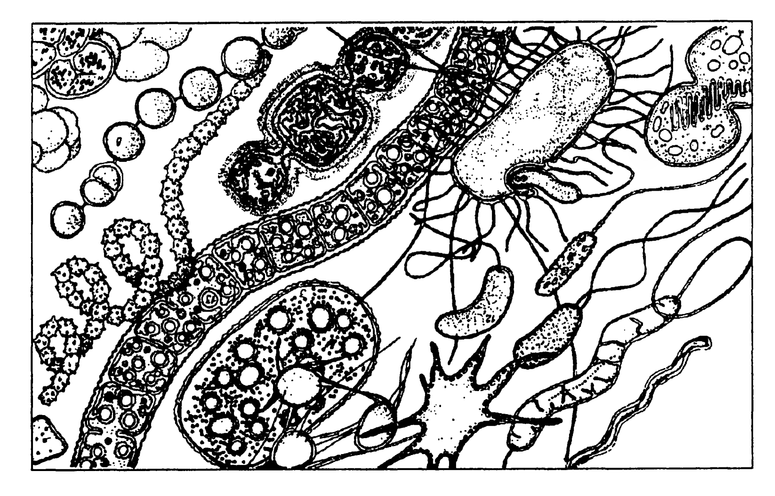
Беда в том, что на первых этапах эволюции живого почти все организмы были «мягкотелыми», не имели скелета. Поэтому весьма вероятно, что многие из них просто не запечатлены в «палеонтологической летописи» — от них не осталось никаких отпечатков и тем более окаменелостей. Но одно из общих правил эволюции гласит, что на начальных этапах развития той или иной группы организмов природа всегда «пробует» разные варианты строения, из которых потом отбираются немногие, прошедшие «испытание на прочность». А коли так, то и во времена, когда эти животные были червеобразными и мягкотелыми, типов должно было возникнуть достаточно много, может быть, даже около сотни, — и все они были «малыми». Какие-то из них вымерли бесследно,

какие-то стали впоследствии «большими», а какие-то так и остались «малыми». Так что их надо любить и изучать, а не игнорировать как плод досужего ума ученых. Ведь это «осколки» той великой эпохи, когда эволюция нащупывала разнообразные пути развития многоклеточных животных.

«НЕДОКЛЕТКИ»

Неимоверно давно, несколько миллиардов лет назад, на Земле происходил процесс превращения первых «капелек» живого, состоявших из нуклеиновых кислот, белков, углеводов, липидов, в одноклеточные организмы. Но поскольку процесс был постепенным, то и полноценной клетка стала не сразу, а приобретала свойственные ей структуры постепенно. Так появились существа, которые по ряду важных свойств были промежуточными между этими «капельками» и настоящими, полноценными клетками.

Ныне живущие **бактерии** (их называют в быту **микробами**) и сходные с ними по уровню организации одноклеточные микроорганизмы — представители именно той древнейшей фазы эволюции биоты: возраст их первых «следов» в палеонтологической летописи не менее трех миллиардов лет. В те времена бактерии были единственными жителями на Земле. Но и сейчас эти микроорганизмы играют



Бактерии

исключительно важную роль в природных сообществах: они выполняют такие функции, которые никаким другим более высоко организованным растениям и животным просто недоступны. Поэтому-то столь низкоорганизованные существа сохранились на Земле с древнейших времен. И не просто сохранились, а стали невероятно многочисленными. Например, в одном миллилитре воды, взятой в разных водоемах, может содержаться от 10 тысяч до 5 миллионов бактериальных клеток. Огромное число бактерий заселяет и почву: без них процессы разложения органики были бы невозможны.

Раньше бактерий считали «нормальными» одноклеточными организмами и на этом основании включали в царство **протистов**. Этому, наверное, способствовало то обстоятельство,

что у бактерий порой бывают довольно сложные формы «тела»: бактериальная клетка может быть похожа на цепочку, спираль, звездочку, палочку и так далее, есть среди них и колониальные формы, у некоторых форма клетки усложнена наличием жгутика.

Каково же было удивление ученых, когда они выяснили с помощью особо сильных электронных микроскопов, что бактериальная клетка — это по сути еще «недоклетка»: в ней нет **клеточного ядра** и многих присущих «настоящей» клетке **органелл**. Да и **нуклеиновая кислота**, в которой записана вся генетическая информация организма, устроена по-иному — в форме единственной кольцевой молекулы без какой-либо белковой «оболочки» (то есть это еще не **хромосома**). Поэтому бактерий и близких к ним одноклеточных стали называть **прокариотами**, то есть «доядерными».

Столь радикальные отличия в строении клетки сразу же стали поводом для выделения бактерий-прокариот в отдельное царство: стало ясно, что различия между ними и организмами-**эукариотами** (то есть обладающими настоящим ядром) более фундаментальны, чем даже различия между растениями и животными. А дальше пошла лавина открытий, которые заставили в корне пересмотреть эволюционные отношения между прокариотными организмами и то, как нужно для них строить естественную систему.

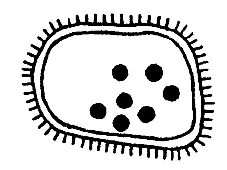
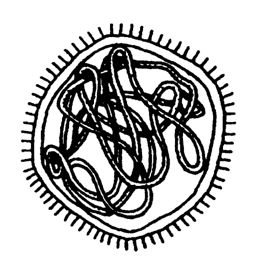
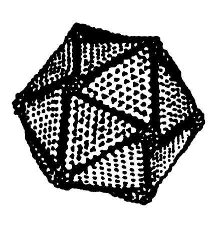
Во-первых, к прокариотам были отнесены **синезеленые водоросли**, или **цианофиты.** Их прежде включали в царство растений, хоть и считали очень обособленными среди них, но не до такой же степени! Оказалось, да, именно до такой — теперь их иногда даже называют **цианобактериями.** Вы наверняка видели, как жарким летом «цветет» застоявшийся пруд: вода становится зеленой и мутной — это как раз чрезмерно размножились цианофиты. Эти микроорганизмы способны к фотосинтезу и выделяют кислород. Именно они первыми начали «создавать» кислородную атмосферу на Земле.

Далее выяснилось, что разные прокариоты могут радикально различаться по способу получения энергии и характеру обмена веществ. С большинством из них вы познакомились, когда читали про первые этапы развития жизни на Земле. Можно лишь добавить, что, когда появились наземные растения, некоторые бактерии «подружились» с ними: так называемые **нитрифицирующие** бактерии, живущие в корневых клубеньках бобовых растений, «едят» выделяемый ими аммиак. А некоторые из прокариот обитают в горячих вулканических источниках с температурой воды не ниже 70 градусов и даже в очень кислотной среде.

Простое устройство бактерий обусловливает и довольно простой способ их размножения — только бесполое, **делением** клетки. Зато интенсивность размножения потрясает воображение: за несколько часов потомки одной

клетки, если бы все они оставались живы, покрыли бы тонким — в одну клетку — слоем весь земной шар! А все невзгоды бактерии переживают, «закукливаясь» в **спору**: под клеточной стенкой образуется особо прочная оболочка, в которой протоплазма может сохраняться несколько лет.

Не меньшей сенсацией, нежели обнаружение «прокариотной» природы бактерий, стало открытие **вирусов** и результаты изучения их строения. Они оказались самыми мелкими (их размер не превышает 0,2 микромикрона) и самыми простыми из всех известных организмов. Все, что есть в вирусе, — это молекула нуклеиновой кислоты, «упакованная» в защитную оболочку из белковой или жироподобной субстанции. При этом у одних вирусов нуклеиновая кислота — это **ДНК**, а у других — **РНК**. Как видно, если у прокариот хотя бы способ хранения наследственной информации един, то у вирусов меняется и он! Число генов в этой молекуле поразительно мало: у вируса оспы их около 250, а у одного из бактериофагов и того меньше — всего 4. Трудно даже представить себе, что живой

Вирусы

организм способен существовать с таким мизерным объемом генетической информации.

Но все дело в том, что вирусы и не существуют сами по себе. Это внутриклеточные паразиты других организмов. Одни из них заражают растения, другие — животных, есть паразиты бактерий, у которых их впервые и обнаружили (поэтому первым названием вирусов было — **бактериофаги**, то есть «пожиратели бактерий»). Многие вирусы — возбудители опасных заболеваний, таких как оспа, иммунодефицит человека, рак.

По характеру «использования» клетки-хозяина вирусы являются в определенном смысле «генными инженерами». Когда вирус подсоединяется к клетке, он не проникает туда весь, а запускает только свою молекулу нуклеиновой кислоты и предоставляет ее самой себе. А та дальше может вести себя по-разному.

У одних вирусов молекула РНК остается в плазме клетки и на своей основе синтезирует ферменты, настраивающие генетический аппарат этой клетки на производство новых вирусов — и нуклеиновых кислот, и их белковой «упаковки». Другие вирусы пошли еще дальше: запущенная в клетку-хозяина РНК или ДНК «встраивается» в определенный участок «хозяйской» хромосомы и начинает работать как ее полноценный фрагмент. То есть не только порождает все новые поколения вирусов, но и делится вместе с этой хромосомой, тем самым переходя «по наследству» ко всем потомкам

первоначально зараженной клетки. Оба пути заканчиваются для клетки одинаково плачевно: если вирусы успеют размножиться в достаточном количестве, клетка погибает и вирусы выходят из нее, чтобы заражать новых «хозяев».

В настоящее время выявлено около 600 видов вирусов, которых группируют в сотню «семейств». Но пока никто не смог разобраться ни в родственных связях между самими вирусами, ни в том, какое место отводить им в естественной системе живых организмов. Их выделяют в отдельное царство, но вот что смущает... Переход к паразитическому образу жизни всегда сопровождается упрощением строения организма что у одноклеточных, что у многоклеточных. В свободном состоянии вирусы существовать не могут, так что вряд ли их простота изначальна, так сказать, первична. Скорее всего, вирусы — это **прокариоты**, перешедшие к паразитическому образу жизни и потому утратившие все атрибуты нормальной свободно живущей клетки. Не значит ли это, что они могли происходить независимо в разное время от совершенно разных бактериальных предков?

ТАКИЕ СЛОЖНЫЕ «ПРОСТЕЙШИЕ»

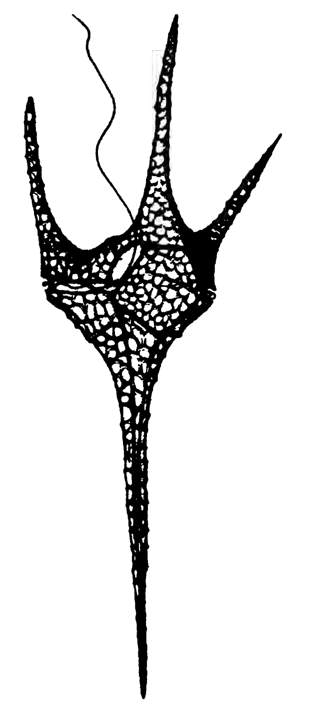
Как-то летним утром 1654 года некий голландец Антон Левенгук, естествоиспытатель-самоучка, любивший рассматривать в увеличительное стекло — а в ту пору оно было большой

диковинкой (так что ему пришлось самому это стекло и изготовить) — все, что попадется под руку, поместил под лупу обычную капельку воды из бочки для сбора дождевой воды. И — о, неожиданность! О, потрясение! — капля оказалась полной мельчайших живых существ, плававших в ней, вращающихся, ползающих! Так Левенгук совершил великое открытие: он стал первым, кто увидел **простейших** — организмы, состоящие из одной-единственной клетки.

Не менее великое «открытие» совершили сами простейшие, появившиеся около трех миллиардов лет назад: они «изобрели» полноценную клетку с **ядром** и **органеллами** (об этом вы уже читали в главе про происхождение жизни), и эту клетку от них унаследовали все более высоко организованные живые существа. Им же принадлежит честь «изобретения» клеточного деления, обеспечивающего потомкам одинаковые шансы получить весь набор хромосом, — **митоза** при бесполом размножении и **мейоза** при половом размножении. Так что «простейшими» их можно называть лишь с очень большой натяжкой: теперь-то мы знаем, что их внутреннее строение очень сложно. Именно простейшие, или, как их сейчас называют, **протисты**, положили начало всему тому огромному разнообразию живых организмов, научное имя которому — **эукариоты**, то есть обладающие истинным ядром.

Долгий первый миллиард лет своего существования протисты были заняты тем, что

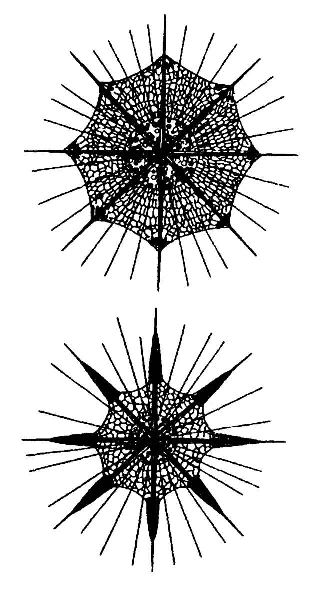
нащупывали разные пути в эволюции, и потому стали невероятно разнообразными. Одни из них — с хлоропластами и получают энергию от солнечного света, у других хлоропластов нет — они питаются себе подобными или паразитируют; одни действительно состоят из единственной клетки, другие образуют колонии — прообраз многоклеточного организма; одни со жгутиками, другие без них; у одних есть наружная раковина, другие — «голые»; одни ползают, другие плавают — и так далее, и так далее... Какие-то из этих путей оказались «тупиковыми», другие же доказали свою перспективность. От таких протистов-«провозвестников» прогресса и берут свое начало основные стволы эволюционного древа живых организмов — **растения и животные.**


Динофлагеллята

Наиболее архаичные из протист — **динофлагелляты**, их, пожалуй, с наибольшим основанием можно считать отдельным царством. И действительно, у этих одноклеточных еще сохранены некоторые особенности, свойственные **бактериям**: молекула ДНК замкнута в кольцо, белка

вокруг нее немного, так что это еще не настоящая хромосома. Да и митоз у динофлагеллят имеет некоторые особенности, которых нет у других протист: наверное, это была своеобразная «проба пера», оказавшаяся малоперспективной; мейоза же вовсе нет — они его еще не «придумали». Динофлагеллят узнать довольно просто: они закованы в прочный панцирь из целлюлозы, похожий на странный шлем или другие детали рыцарских доспехов. В желобке этого панциря бьется **жгутик**, заставляющий клетку крутиться волчком — и так всю жизнь... Количество этих крошечных созданий в хорошо прогретых прибрежных водах морей и океанов просто огромно. Когда некоторые из них при особо благоприятных условиях чрезмерно размножаются, вода приобретает странный красноватый оттенок — возникают так называемые «красные приливы», вызывающие массовую гибель рыб от недостатка кислорода.

Совершенно потрясающий мир правильных геометрических узоров природа сотворила, взяв за основу **радиолярий**. Глядя на кружевное плетение их кремниевых скелетов, кажется, что это не живые существа, а тончайшие ювелирные изделия, изготовленные высочайшего мастерства умельцами. Красота красотою, но зато какие проблемы она доставляет одноклеточному существу при размножении! Радиолярия, заключенная в свой скелет, не может нормально делиться. Вместо этого



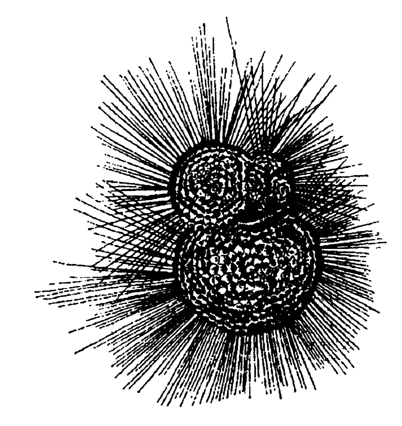
Радиолярии

внутри материнского организма образуются подвижные тельца со жгутиком, они выплывают из скелета и какое-то время плавают голенькими — их называют **«бродяжками»**.

Вообще ажурным наружным скелетом обзаводились многие протисты, среди них и **фораминиферы.** У некоторых из них миниатюрные сооружения удивительно напоминают закрученные спиралью раковины головоногих моллюсков — **наутилусов, белемнитов.** Сходство усугубляется еще и тем, что ископаемые фораминиферы **нуммулиты** были существами отнюдь не микроскопическими: диаметр иных раковин достигал нескольких сантиметров. В отличие от радиолярий, которые именно благодаря раковинам приобретают плавучесть, сооружения фораминифер, пропитанные солями кремния и кальция, очень массивные и потому эти одноклеточные обречены всю жизнь ползать, выпустив из отверстий своего убежища многочисленные подобия ножек — **псевдоподии.**

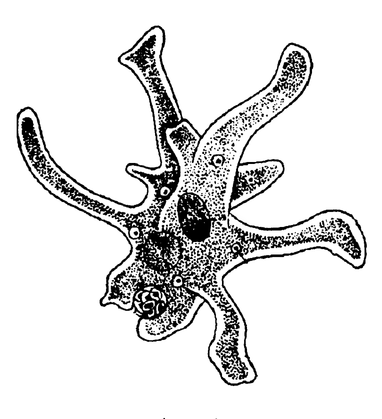
Совершенная противоположность радиоляриям и фораминиферам — **амебы.** Эти лишены не только твердой раковины, но и вообще

каких-либо достаточно прочных покровов, способных поддерживать постоянную форму тела. У амебы этой формы в принципе нет: то комочком слизи, то, окружая себя вытянутыми в разные стороны выростами-псевдоподиям, она медленно, по несколько миллиметров за час, «перетекает» из одного места в другое. Наткнувшись на пищу — какое-нибудь простейшее поменьше размером, амеба обтекает ее со всех сторон своими псевдоподиями, и вот уже жертва «съедена», для ее переваривания в теле амебы образуется специальная **пищевая вакуоль** — эдакий прообраз желудка.

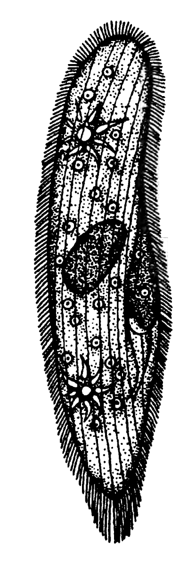


Фораминифера глобигерина

У **инфузорий** тело целиком или какими-то участками покрыто жгутиками — совсем короткими, так что это скорее не жгутики, а **реснички** (поэтому их нередко называют **ресничатыми**) — на теле некоторых из этих простейших бывает до 15 тысяч ресничек. С



Амеба



Инфузория-туфелька

их помощью инфузория довольно быстро плавает в воде, покрывая за секунду расстояние в 10–15 раз больше нее самой. Именно этих существ и увидел Левенгук в той самой капле воды: они суетливо снуют туда-сюда, вращаются на месте, наталкиваются друг на друга, для них капля воды действительно целый мир.

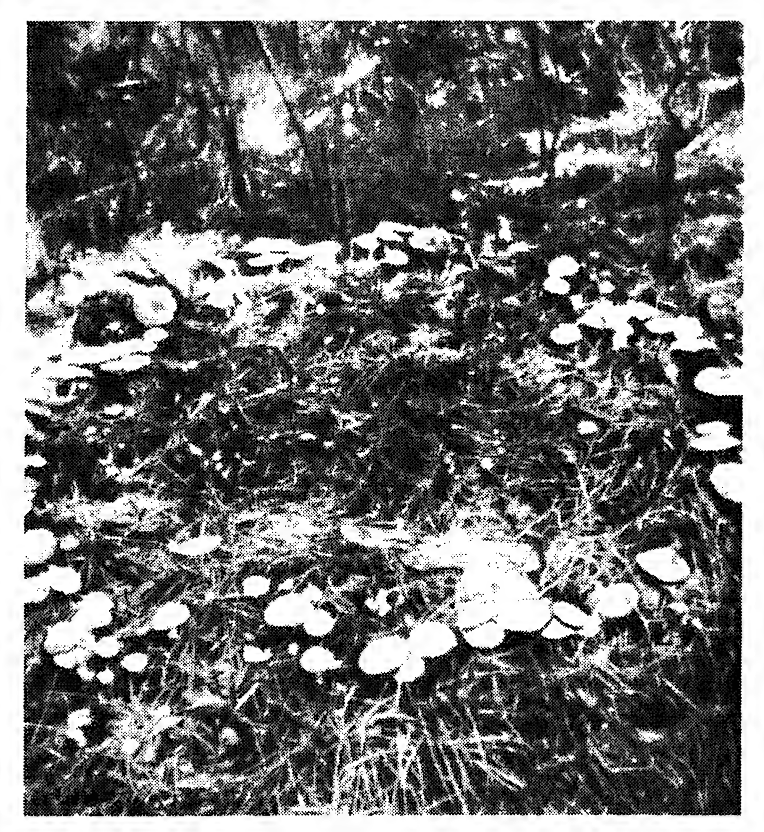
И как только эти организмы были названы «простейшими»?! Ведь инфузории в чем-то миниатюрные копии многоклеточных. У инфузории-**туфельки**, например, есть воронкообразный рот; когда через него в тело инфузории попадает пища, она окружается уже знакомой вам пищевой вакуолью и вместе с ней совершает «путешествие» по определенному маршруту, пока не переварится, после чего отходы выбрасываются наружу опять-таки в определенном месте через **порошицу**. Так что инфузории — несомненно самые высокоорганизованные из простейших, вершина их эволюции.

НИ ЖИВОТНЫЕ, НИ РАСТЕНИЯ

В те времена, когда весь мир живых организмов делили на растения и животных, **грибы**, как вы уже знаете, относили к растительному

царству. И это представлялось вполне естественным: ведь они неподвижно сидят на земле, у них есть подобие корней, да и растут грибы почти как растения. Смущало, правда, то, что грибы не способны к фотосинтезу: в их клетках нет хлоропластов; да и питательные вещества они запасали в форме **гликогена** (как животные), а не **крахмала** (как растения). И в конце концов грибов выделили в отдельное самостоятельное царство — и не животные, и не растения. А это значит, что историческое развитие грибов происходило независимо от них и так же независимо они приобрели многоклеточное строение.

Хотя почти все современные грибы живут на суше, самые архаичные представители этого царства, скорее всего, были водными обитателями. Бесскелетные, они не оставили следов в палеонтологической летописи: самые ранние отпечатки грибов находят в отложениях возрастом около 900 миллионов лет. Освоение суши у них не было связано с выработкой подвижного образа жизни, поэтому грибы, как и растения, обзавелись плотными клеточными стенками. Только она у грибов образовалась не из целлюлозы, а из **хитина** — того же самого, из которого построен наружный скелет у **насекомых**. Скорее всего, таким образом грибы защитились от других обитателей почвы — **бактерий**, поскольку хитин более устойчив к их разрушающему воздействию, чем целлюлоза.

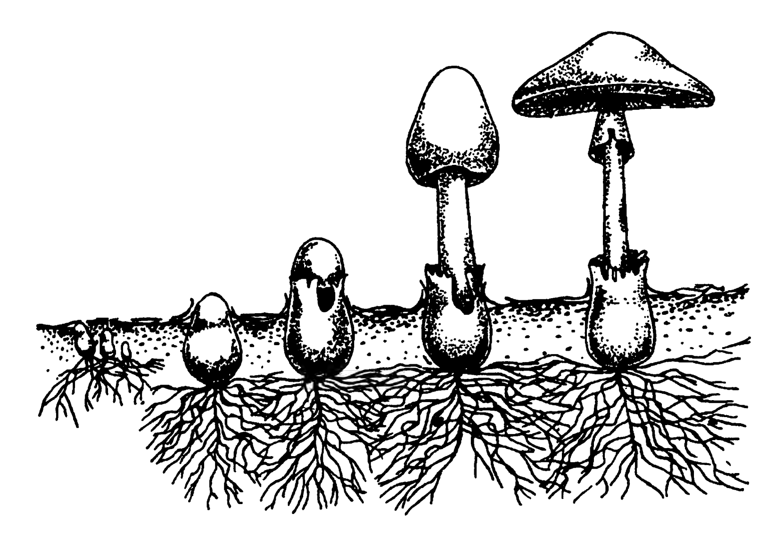


«Ведьмино кольцо» грибов

Питаются грибы, всасывая органические вещества из почвы всей поверхностью своих «корней», подобно бактериям. Таким образом, они, наряду с этими примитивнейшими одноклеточными, относятся к особой экологической группе — к так называемым **редуцентам.** Их задача, как вы помните, в том, чтобы доводить высокомолекулярные органические соединения в телах погибших организмов до

отдельных небольших молекул, чтобы те уже могли попасть в корни растений.

Обратите внимание: то, что мы обычно принимаем за «корни» грибов (их еще называют **«грибницей»**), на самом деле и является самим грибом, который живет и питается в почве или другой подходящей среде — в живой или мертвой древесине, в коже, на пищевых продуктах и так далее. Это так называемый **мицелий**, отдельные составляющие его — многочисленные тонкие нити-**гифы** — тянутся во все стороны, осваивая жизненное пространство. Скорость роста мицелия бывает поразительной: за сутки гриб может нарастить новых нитей длиной до километра. Неудивительно, что почва буквально пронизана гифами, а там, где их особенно много — например,



Рост плодового тела шампиньона

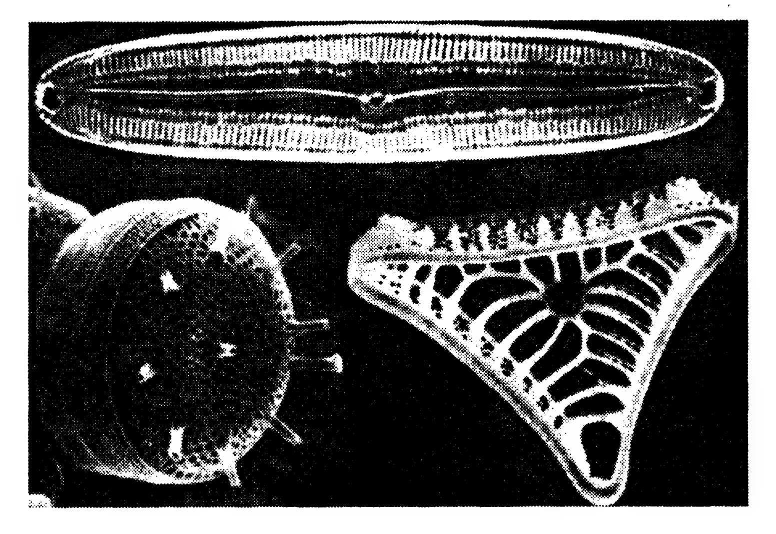
под листовым опадом в сыром лесу, — они образуют хорошо заметные белесые скопления.

Что же такое тот самый «гриб», который мы с удовольствием срезаем и кладем в корзинку или, наоборот, пренебрежительно пинаем ногой (лучше все-таки это не делать — пусть себе растет, ведь он тоже живой!)? Это **плодовое тело** гриба, единственное назначение которого — произвести на свет как можно больше спор и рассеять их по ветру. Вам, наверное, доводилось раздавливать в лесу гриб-дождевик и видеть, как из него при этом вылетает этакий «дымок»: это как раз мельчайшие споры и есть, их, наверное, сотни тысяч.

ПИТАЮЩИЕСЯ СВЕТОМ

Если взглянуть на нашу планету из космоса, то на суше преобладающим цветом будет зеленый — цвет **растений**. Там, где нет растений, Земля становится безжизненно-желтой (или белой, если это ледники). И она вся была бы такой, если бы около миллиарда лет назад на ней не появились растительные организмы.

Вы уже знаете, что сначала в атмосфере Земли не было кислорода. Его первыми творцами стали одноклеточные микроскопические существа, живущие в морской воде, — **цианофиты, динофлагелляты, диатомеи**. Но наибольший вклад внесли, конечно, **сухопутные растения** — именно они стали той самой «фабрикой



Диатомовые одноклеточные водоросли

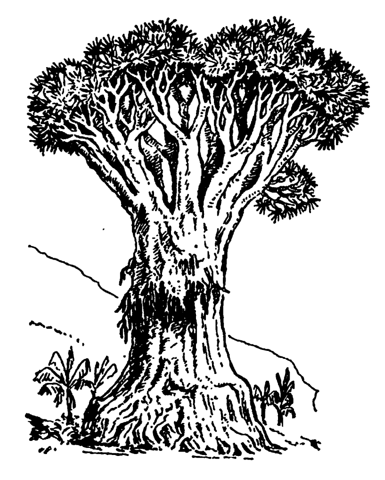
кислорода», благодаря деятельности которой жизнь на планете стала столь разнообразной, сложной, приобрела современный облик. Да и не только в кислороде дело: «превращая» солнечную энергию в питательные вещества, растительные организмы стали служить источником пищи многим животным.

Давайте вспомним: все сложнейшие соединения, из которых построено живое вещество, получаются из простейших молекул, в которые непременно входят углерод, кислород, водород, а также сера, азот и некоторые другие элементы. Химические реакции, которые при этом происходят, требуют определенных затрат энергии. На первых этапах развития жизни природа всячески «экспериментировала» с выяснением того, какой из источников энер-

гии был бы оптимальным. Свидетельством тому и поныне здравствующие **бактерии**, среди которых каких только способов добывания энергии не существует. Но в конечном итоге оказалось, что, может быть, не самым мощным, но поистине неограниченным источником свободной энергии, доступной живым существам, является самый обыкновенный солнечный свет.

Энергию эту из света, приходящего на нашу планету от Солнца, и «извлекает» особая молекула — **хлорофилл.** Честь ее «изобретения» принадлежит цианофитам: именно они «открыли» **фотосинтез**, при котором углекислота и вода с помощью световой энергии при участии хлорофилла превращаются в простейшие органические соединения — **сахариды**, из которых затем и строится все живое вещество. А побочный продукт происходящей при этом реакции — кислород, без которого ни одно высокоорганизованное животное существовать не способно. Цианофиты впоследствии были включены в растительную клетку в форме особых клеточных органелл — **хлоропластов,** — и «фабрика кислорода», а заодно и органического вещества, заработала на полную мощь. Так растения и стали **продуцентами,** то есть теми, которые производят органическое вещество. Именно с них, как вы знаете, начинаются все кормовые цепочки, тесное переплетение которых составляет основу существования жизни на Земле.

Из-за более «простого» образа жизни, не потребовавшего значительного усложнения и дифференциации растительного организма, «настоящие» растения не стали столь разнообразными по сравнению с животными, их делят всего на 3–4 типа. Да и по видовому разнообразию растения заметно уступают животным: «ботаническое сообщество» насчитывает немногим более 300 тысяч видов против нескольких миллионов видов в «сообществе зоологическом». Примечательно, что среди растений более всего цветковых растений, а среди животных — насекомых. А ведь это неспроста, поскольку эволюция цветков и опыляющих их насекомых протекала сопряженно. Так что обилие видов в обоих царствах высших живых организмов четко взаимосвязано.



Драконово дерево

ПЕРВЫМИ БЫЛИ ВОДОРОСЛИ

Все живое — из воды. И растительные организмы вовсе не составляют исключения из этого общего правила. Действительно, первые

растения произрастали в воде, за что и получили свое название — **водоросли**.

Раньше так называли все водные организмы способные к фотосинтезу: были **синезеленые водоросли, диатомовые водоросли, одноклеточные водоросли** и так далее. Даже **вольвокс**, которого есть все основания считать прародителем многоклеточных животных, и то нередко называли «водорослью». Теперь же многих из них исключают не только из числа водорослей, но, как вы уже знаете, и из растений вообще: оказалось, например, что синезеленые «водоросли» по уровню организации ближе к **бактериями**, а не к растениям.

Но с другой стороны, следует иметь в виду, что и некоторые из наземных растений, вторично вернувшиеся к водному образу жизни, в просторечии также называют «водорослями». Да порой они и вправду похожи на настоящие водоросли. А между тем, например, **валлиснерия** и **сальвиния** — это цветковые растения, а **риччия** — мох. Так что же это такое — «водоросли» как особое подразделение естественной системы царства растений?

Давайте отметим, что характерно для настоящих водорослей. Во-первых, в отличие от своих одноклеточных предшественников, у них тело, или **таллом**, состоит из большого числа клеток. У самых примитивных водорослей таллом представляет собой просто цепочку из клеток и похож на нитчатые колонии некоторых жгутиковых протистов, — одну из таких

водорослей так и называют **нитчаткой**. А у более развитых это уже настоящее многоклеточное образование, похожее на стебель высших растений. Стенки клеток построены из **целлюлозы**, а внутри каждой из них помещено множество **хлоропластов** — особых клеточных органелл, в которых содержится **хлорофилл** (а также некоторые другие пигменты) и происходит **фотосинтез**.

Во-вторых, тело водорослей благодаря дифференциации на отделы приобрело уже многие черты, свойственные наземным растениям. Правда, из-за отличий во внутреннем



Водоросль фукус

строении части этого тела называются по-другому: не стебли и листья — **слоевища**, не корни — **ризоиды** (то есть подобные корням). А все потому, что у водорослей, обитающих в воде, в отличие от наземных растений, еще совершенно отсутствует проводящая **сосудистая система**. В ней просто нет надобности: необходимые питательные вещества поглощаются водорослью через поверхность всего тела.

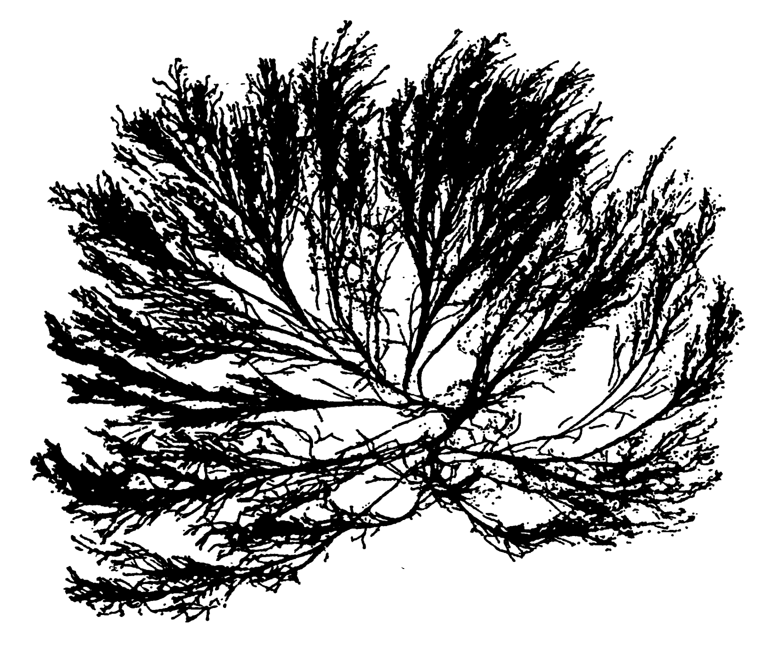
Еще одна особенность водорослей, отличающая их как от одноклеточных, так и от большинства наземных растений, — характер размножения и индивидуального развития. У этих водных обитателей, пожалуй, впервые для растительного мира в жизненном цикле появляется **чередование поколений**. Оно основано на том, что функции полового и бесполого размножения разделены между двумя разными поколениями, одно из которых — **спорофит**, другое — **гаметофит**. Благодаря такому усложненному жизненному циклу «сидячие» водоросли получили возможность расселяться в водной среде точно так же, как и **кишечнополостные** из царства животных, у которых тоже есть подобное чередование поколений.

В морях и океанах одни из наиболее распространенных — **бурые водоросли**. Таллом у них может иметь форму нитей, порой довольно прочных («**чертов шнур**»), или пластин — у **ламинарии** он похож на широкий ремень, а у **фукуса** ветвится. Из-за того, что воспринимаемый этими растениями солнечный свет

интенсивно поглощается толщей воды, эти водоросли не могут расти на большей глубине. Они концентрируются в прибойной зоне или среди коралловых рифов на глубине до 15 метров. Но зато в этой сравнительно узкой прибрежной полосе они образуют настоящие джунгли, в которых снуют бесчисленные рыбы, рачки, а на дне ползают разнообразные моллюски, морские звезды, прячутся морские ежи.

Сходство с лесными зарослями усугубляется очень крупными размерами некоторых из бурых водорослей: у той же ламинарии длина слоевища достигает 20–25 метров. Вокруг островов северной части Тихого океана они образуют на поверхности столь густые переплетения, тянущиеся на многие километры, что даже «гасят» волнение океана. На «полях» ламинарии океанские валы теряют всю свою мощь и мерно перекатываются, неспособные обрушиться ревущим прибоем на прибрежные скалы. Этим пользуются морские звери: **каланы**, намотав на себя несколько листьев ламинарии, мирно спят, качаясь на ленивых валах, как в огромной колыбели.

Когда-то у Командорских островов на пастбищах ламинарии — ее еще называют **«морской капустой»** — мирно паслось странное морское животное — **стеллерова корова**, родственница **ламантина**. Но вот пришли белые люди, истребили это травоядное, и теперь зимние шторма выбрасывают на берег тонны этой никому не нужной «капусты», ее толстые



Красная водоросль

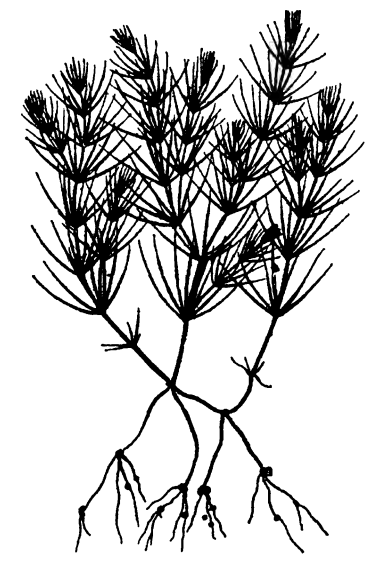
скользкие слоевища лежат у уреза воды труднопроходимыми завалами и гниют потихоньку, ударяя в ноздри резким запахом йода.

У **красных водорослей**, таких как **родимения**, кроме хлорофилла, в клетках содержится еще один фотосинтезирующий пигмент — **фикоэритрин**. Он красного цвета, так что и сами эти подводные растения окрашены в разные оттенки красного, от розоватого до пурпурного. Благодаря этому пигменту, улавливающему свет в той части спектра, которая менее всего поглощается водой, красные водоросли получили возможность расти на большей глубине, нежели бурые, местами удаляясь

от поверхности до сотни метров. Там уже нет ни бьющего о камни прибоя, ни обнажающих прибрежное ложе отливов, поэтому у красных водорослей таллом ажурный, ветвистый, иногда похож на причудливое кружево.

Растущие на подводной части коралловых атоллов красные водоросли приобрели удивительную способность извлекать из морской воды кальций и откладывать его кристаллами мела в своих клетках. Благодаря этому они становятся странным образом похожими на некоторые из перистых кораллов, за что их и называют — **кораллины.** Местами кораллин так много, что они содействуют росту известковых рифов ничуть не меньше, чем сами коралловые **полипы.**

Больше всего зеленых водорослей в речушках и озерах, где они образуют настоящие «подводные луга». Чаще всего там можно увидеть **хару,** внешне похожую на **хвощ** или на миниатюрное деревце, — с тонким стволом и тонкими перистыми листьями, сидящими веером в узлах стебля. Эту водоросль за ее декоративность



Водоросль хара

очень любят аквариумисты. Но замечательна она главным образом тем, что обзавелась многими признаками, свойственными наземным растениям: кроме «стебля» и «листьев», у хары есть еще и подобие корней, с помощью которых она закрепляется в грунте. Конечно, хара еще лишена главного атрибута наземного растения — сосудистой системы, но все равно она очень похожа на те предковые водоросли, от которых когда-то произошла вся наземная растительность.

ПОБЛИЖЕ К СОЛНЦУ

Покинуть водную среду и выбраться на сушу растений, очевидно, побудила потребность окунуться в солнечные лучи, чтобы получать как можно больше энергии. Но какой же враждебной была эта новая среда обитания! Сухой воздух, придавливающая к земле сила тяжести, невозможность поглощать минеральные вещества всей поверхностью тела — все это потребовало выработки множества новых приспособлений, которых нет у водорослей. Но, как вы уже знаете, все сразу — нельзя, в эволюции все происходит постепенно, маленькими шажками, каждый из которых — отдельная адаптация, решение какой-то одной, пусть и небольшой, но важной биологической задачи.

Первыми среди растений на суше появились мхи — настоящие «живые ископаемые»,

мало изменившиеся с очень древних времен. Благодаря им мы имеем возможность воочию видеть, а не реконструировать по окаменевшим остаткам, с чего начиналась перестройка организма растений при переходе от водной жизни к сухопутной.

Прежде всего они обзавелись достаточно плотной **кутикулой**, защищающей их ткани от высыхания. Кроме того... А вот «кроме того», пожалуй, ничего больше по сравнению с водорослями у мхов и не образовалось. У них нет ни проводящей системы, ни настоящих корней, так что мхи обречены оставаться небольшими и жить в сырых местах. Так называемые мхи-**печеночники**, такие как **маршанция**, сохранили плоское **слоевище**, стелющееся по земле и цепляющееся за почву многочисленными **ризоидами**. А **роголистники**, предохраняясь от высыхания, отказались от широких и плоских листоподобных слоевищ: нитевидное зеленое тело покрыто крохотными чешуйчатыми листочками толщиной всего в одну клетку.

Попытка решить проблему размножения на суше привела у



Мох маршанция

мхов к «половинчатому» результату. С одной стороны, они нащупали верный способ сохранения **яйцеклетки** от всяческих невзгод, подхваченный и всеми остальными наземными растениями. Этот способ состоит в том, что яйцеклетка не покидает женскую половую систему, там же остается и **зигота**, пока из нее не вырастет многоклеточный зародыш и не превратится в способную противостоять враждебной воздушной среде **спору**, которая высыплется из **спорангия** и в благоприятных условиях прорастет в новый мох. А вот **сперматозоид** остался еще вполне «живчиком» — в том смысле, что снабжен жгутиком и вынужден добираться до яйцеклетки самостоятельно. Для этого ему нужен тонкий слой воды, так что в засушливых местах мхи размножаться просто не могут, то есть они в некотором роде еще «земноводные».

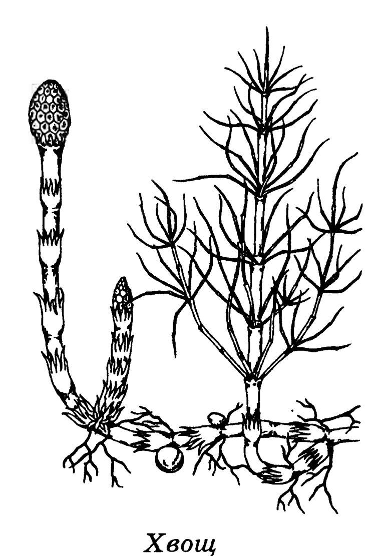
Таким образом, несмотря на явную архаичность, мхов нельзя считать предками прочих наземных растений. Это просто одна из попыток перебраться из воды на сушу, оказавшаяся не вполне успешной. Больше повезло **сосудистым растениям**, именно они завоевали сушу, сделав ее «зеленой». Впрочем, самые древние из них — **псилофиты** — еще мало похожи на своих будущих всевластных потомков. Они совершенно невзрачные — почти без корней, их побеги робко стелются по земле и отдают наверх прямостоячие стебли с листьями-чешуйками. Псилофиты — тоже «живые

ископаемые»: возникнув около 400 миллионов лет тому назад, они в настоящее время представлены всего несколькими видами.

Следующий важный этап в эволюции сосудистых растений — **плауны.** У них уже появился один из важнейших для всех них признак — **проводящие ткани.** По губчатой **ксилеме,** расположенной в средней части стебля растения-спорофита, вещества, получаемые в результате фотосинтеза, идут вниз, распределяясь по всем стеблям. А по наружному слою **флоэмы** к верхним частям растения снизу поступают вещества, необходимые для фотосинтеза. Особое значение приобрела **корневая система:** на ее долю выпала важнейшая функция обеспечения растения органическими и минеральными веществами, хранящимися в почве. А потом уже, когда на смену ползучим формам, каковыми были примитивные псилофиты и плауны, пришли древовидные, корни взяли на себя еще и обязанности закреплять растение в земле, давая возможность расти как можно выше, выносить листья как можно ближе к солнцу.



Плаун



Хвощ

Очень похожи на плаунов **хвощи** — еще одна группа весьма архаичных сосудистых растений. Но это жалкие остатки некогда богатейшей и могучей древесной растительности так называемых **клинолистных**, возникших в девонский период, то есть около 400 миллионов лет назад. Из них состояли древние леса, густо покрывавшие огромные болотистые равнины. Вот вам и преимущества сосудистого растения с настоящими корнями, способного «качать» из земли хранящиеся в почве вещества и переправлять их наверх, к зеленеющим верхушечным побегам и листочкам: именно оно оказывается ближе всего к солнцу. Расцвет клинолистных пришелся на **каменноугольный период**. За счет остатков этих растений, а также древовидных папоротников, о которых вы узнаете чуть попозже, и образовались колоссальные залежи каменного угля.

Хвощ видел всякий, кто хоть раз проходил по сыроватому лугу: из-под земли прямо вверх торчат эдакими маленькими «елочками» стебли, поделенные перемычками-узлами на ряд сочлененных звеньев-междоузлий. От каждого

узла отходят несколько веточек и мутовка мелких чешуйчатых листьев. Немало его бывает и в огороде, но если рачительный хозяин вознамерится побороться с этим «живым ископаемым», который вроде бы должен безропотно уступить разумной силе, трудно ему придется: основной побег хвоща пролегает под землей, и любой оставшийся не выбранным кусочек через некоторое время вновь возродится на поверхности многочисленными «елочками».

Да, действительно, проходя по лугу или в лесу мимо какого-нибудь растения, а то и пытаясь удалить его с грядки, по неведению чаще всего даже не представляешь себе, с какой древностью сталкиваешься. Вот еще одна — **папоротники**. В средней полосе они укрываются в лесу в местах посырее, расправив веером свои перистые листья (у папоротников они называются **вайи**). Приподнимешь такой лист, а он снизу весь покрыт правильными рядами каких-то точек. Это сидят **спорангии**, в которых появляются **споры**. В определенный период спорангии вскрываются и споры высыпаются на землю, чтобы прорасти в крохотные, всего 5–6 миллиметров диаметром,



Папоротник ангиоптерис

гаметофиты, которые вступают в фазу полового размножения. При этом мужская гамета, как и у мхов и плаунов, добирается до яйцеклетки с помощью жгутика в слое воды. Вот ведь и папоротники, оказывается, с каких еще древних времен сохранили и раздельное существование спорофита с гаметофитом, и подвижность мужской гаметы-сперматозоида.

Зато у папоротника появилось огромное преимущество — широченная поверхность листа-вайи, резко активизирующая фотосинтез и выработку питательных веществ. А посмотрите, как весной растет этот лист: в почке он скручен спирально, а по мере роста раскручивается. Такого способа роста ни у кого из растений больше нет!

Но не думайте, что торчащие из земли листья-вайи — это весь папоротник. На самом деле у этих растений есть довольно длинный **стебель**. Просто у обитателей лесов средней полосы он прячется под землей ползучим многолетним побегом, пуская вокруг себя в почве тонкие корешки. Но в тропиках много древовидных папоротников. Их стебли-стволы прямыми столбами вздымаются на 10–15 метров, а на самом верху раскрываются веером листьев длиной 3–4 метра. Пальма и пальма, только все те же перистые листья выдают истинную природу папоротникового «дерева» — таким, например, был знаменитый 30-метровый **археоптерис**, росший около 400 миллионов лет назад. На протяжении

всего каменноугольного периода древовидные папоротники спорили за господство на земле с **клинолистными**, но «подкачал» гаметофит, нуждающийся во влажной среде. Так что при наступлении засушливого периода почти все эти древние гиганты сгинули, освободив большую часть жизненного пространства для семенных растений.

ЗАРОЖДЕНИЕ СЕМЕНИ

Итак, первые **сосудистые** растения, пытавшиеся завоевать сушу, начиная с **псилофитов** и кончая **папоротниками**, так и не сумели окончательно «порвать» с водой, по способу размножения оставшись «земноводными». Поэтому следующим шагом в приспособлении к сухопутному образу жизни должен был стать... Впрочем, зачем вам подсказывать, вы и сами наверняка догадались.

Точно так же «догадались» и прародители **семенных** растений. Во-первых, «позаимствовав» у плаунов **стробилу**, они низвели гаметофиты до скопления нескольких клеток внутри **плодолистиков**, тесно сидящих на оси побега спорофита. Во-вторых, они превратили мужские гаметы в мельчайшие споры (так называемые **микроспоры**), практически неспособные самостоятельно передвигаться. Наконец, они «изобрели» **семя**, за что и получили свое название.

Оно стало воистину маленьким шедевром эволюции. Родительское растение укрывает женские гаметы-**яйцеклетки** особым защитным покровом — **интегументом**, внутри образовавшейся таким образом **семяпочки** происходит и оплодотворение, и первоначальный рост зародыша — крошечного спорофита с зачатком корешка, почечкой и зародышевыми листьями-**семядолями**. Они очень крупные, потому что в них сосредоточены питательные вещества. Когда зародыш чуть подрастет, он «засыпает» — семяпочка превращается в семя, готовое к расселению. Стоит ему попасть в подходящие условия, сковывающая зародыш семенная кожура разрывается и семя начинает прорастать. Необходимую для этого энергию **проросток**, пока не появится первый лист, получает из питательных веществ в семядолях — чем вам не забота растения-родителя о своем потомстве?

Все это, конечно, было здорово: теперь растения могли осваивать самые засушливые территории, следуя общему принципу «природа не терпит пустоты». Но ведь и забот изобретение пыльцы и семени прибавило... Сначала нужно беспомощную микроспору доставить точно по «адресу», а потом и семени дать возможности очутиться подальше от родительского растения, чтобы не было извечного конфликта «отцов и детей» на лесной почве. Так что можно без большого преувеличения сказать, что основной побудительной причиной

эволюции семенных растений стали поиски решения этих двух задач.

Первыми на эти поиски «отправились» **голосеменные** растения, названные так за отсутствие **завязи и цветка** — основных признаков **покрытосеменных** растений, о которых речь пойдет дальше. Они возникли в каменноугольный период около 400 миллионов лет назад, их предшественниками были какие-то архаичные **папоротники**. Как и сами папоротники, голосеменные очень быстро освоили «верхний ярус» растительности, став деревьями. Лишь немногие из них кустарники, а травянистых нет вовсе. Поэтому самым простым решением для них было «подрядить» ветер для расселения микроспор, столь крохотных и легких, будто пылинки, что за ними совершенно справедливо закрепилось название — **пыльца**.

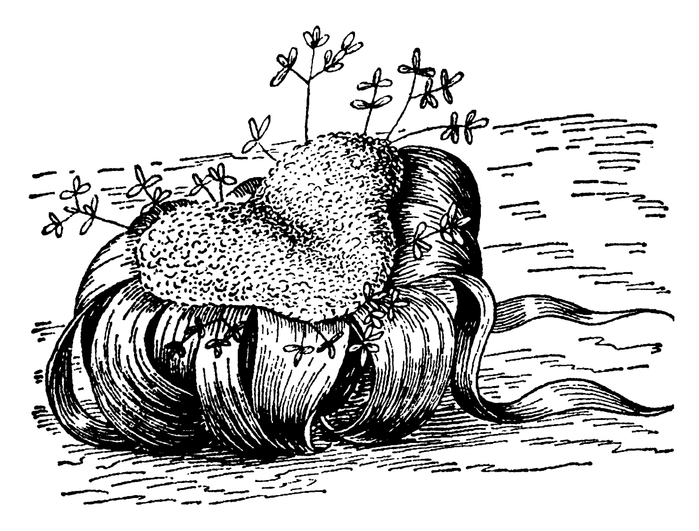
У самых примитивных из голосеменных микроспоры еще остаются отчасти подвижными: попав «воздушным путем» на женскую шишку, до семяпочки они добираются «ползком» с помощью жгутиков. К их числу относятся, например, растущие в тропиках и субтропиках **саговники**. С характерными длинными перистыми листьями, сидящими



Саговник

«розеткой» на вершине ствола, одни из них похожи на пальмовые деревья высотой до 7 метров, а другие низкорослые — **цикасы** даже растут в горшках, как комнатные растения. Подобным образом устроены гаметы и у **гинкго** — своеобразного дерева с небольшими, очень характерными листьями. Предки гинкго возникли еще в триасе, то есть около 200 миллионов лет назад, а до нынешнего времени дожил только один вид, да и то большей частью произрастающий в садах и парках.

Совершенно необычно еще одно голосеменное растение — **вельвичия**. Она растет в одной из самых засушливых пустынь мира — Намиб на крайнем юго-западе Африки. Там почти никогда не бывает дождей, зато вдоль морского побережья проходит холодное течение,



Вельвичия

благодаря чему каждую ночь с моря надвигается плотная пелена тумана. Ствол у вельвичии превратился в какой-то «обрубок» высотой около полуметра, зато листья просто выдающиеся: их только два, а растут они на протяжении всей жизни растения (а протяжение это — много сотен лет!) и достигают в длину 3–4, иногда даже 6–8 метров при ширине 1,5–2 метра. Их основное назначение — днем добывать энергию из солнечного света, а ночью — влагу из тумана, вот почему они такие огромные. Расстилающиеся по земле листья злой ветер треплет и раздирает на клочья их концы, но вельвичии все нипочем. Зато ученым «заковыка»: как назвать столь необычную растительную форму — дерево? куст? «живой пень»?

Своего рода «вершиной» эволюции голосеменных являются **хвойные**: они окончательно отказались от подвижной мужской гаметы, у них попавшая на шишку микроспора не передвигается, а прорастает к **семяпочке**. Вы наверняка видели, как поздней весной дорожки и лужи покрываются зеленовато-желтым налетом — это и есть **пыльца** цветущих хвойных, в неимоверных количествах производимая взрослыми деревьями. Орган размножения примитивных сосудистых растений — **стробила** — у хвойных превращен во всем известную **шишку** с деревянистыми чешуйками, у основания которых и сидят семяпочки. При этом одни шишки — женские, а другие — мужские. Когда женская шишка созревает, ее



Ветка секвойи

чешуйки раздвигаются и открывают пыльце доступ в святая святых — к семяпочке.

Особенностью хвойных, способствовавшей их широкому распространению, является строение листьев, которые превращены у них в **иголки** и покрыты очень плотной **кутикулой**. По-видимому, это вызвано тем, что хвойные возникли во время относительно сухого и холодного **пермского периода**, положившего конец господству тепло- и влаголюбивых папоротников. Благодаря этому хвойным не страшны ни засуха, ни сильные холода. Этим и объясняется, что в зимнее время **сосны и ели** остаются такими же зелеными, как и летом.

У растущей в тропиках **араукарии** несколько уплощенные иглы настолько острые и

твердые, что, говорят, даже птицы не могут гнездиться на ее ветвях. А у **лиственницы**, напротив, иголки мягкие и нежные, да и на зиму опадают. **Кипарис** и его родственница **туя** с их пирамидальными кронами и чуть голубоватыми небольшими иглами служат украшением многих парков и садов. Впрочем, у **тисса** иглы столь плоские, что более похожи на узкие листья, а у близкого к нему **подокарпа** так и вовсе неотличимы от «настоящих» листьев цветковых растений.

... И РАСЦВЕЛА ЗЕМЛЯ

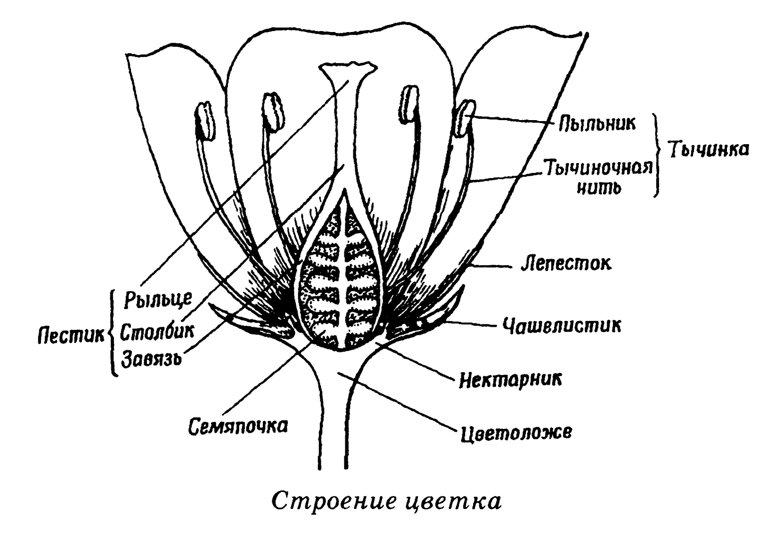
В истории биоты случались события разного масштаба. Одни из них были «локальными», то есть сказывались лишь на судьбе той или иной группы организмов — например, появление ресничек у **протист** или скелета у **губок**. Другие определяли судьбу целых царств живых организмов — например, обретение ядра **эукариотами**. А были такие воистину эпохальные события, следствием которых оказывалась перестройка практически всей биоты — например, появление фотосинтеза сначала у **цианофит**, а потом и у **водорослей**. К числу таких событий, несомненно, относится и образование **цветка** у высших наземных растений.

Впрочем, поначалу цветок обещал быть просто «частным случаем» в истории сосудистых растений. Действительно, ну что такое по

исходному «замыслу» цветок? По сути еще один, наряду с шишкой у **голосеменных**, способ обезопасить зарождающийся спорофит от неблагоприятных внешних воздействий. В сущности, отличие цветка от шишки лишь в том, что в нем **семяпочки** постоянно прикрыты сближенными плодолистиками, которые в конечном итоге срастаются и образуют **зародышевый мешок** с вытянутым **пестиком**, а после **опыления** из них формируется **завязь.** Кроме того, зародышевый мешок и **тычинки**, в которых развивается пыльца, оказались собранными вместе на одном цветке, что несомненно облегчило контакт мужских и женских гамет.

Такое превращение исходной для всех сосудистых растений **стробилы**, конечно, само по себе дало **покрытосеменным** (они же **цветковые**) растениям известные преимущества перед голосеменными, даже перед **хвойными**, у которых зародыш все-таки более уязвим. Но не это предопределило «революцию» в жизни наземных растений и животных, а то, что цветок... по достоинству оценили **насекомые.** А сами цветы, в свою очередь, по достоинству оценили насекомых.

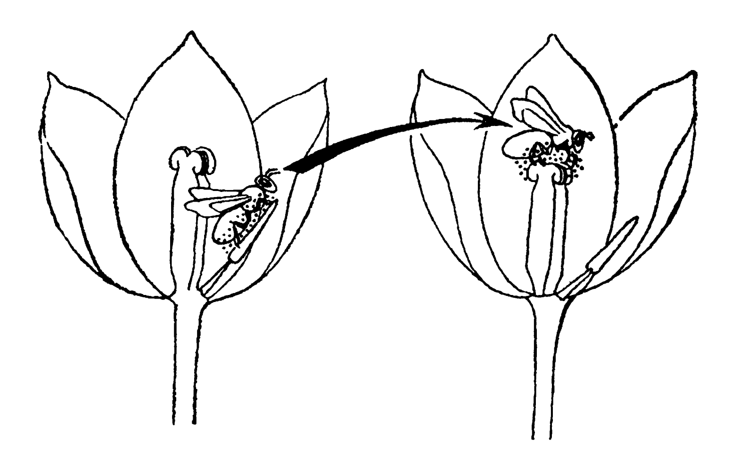
Впрочем, случилось это не сразу. Первые цветковые растения появились в позднеюрское время — около 140 миллионов лет назад. Первоначально их органы размножения — **цветы** — были мелкими, невзрачными, малозаметными; пыльца просто осыпалась на



Строение цветка

рыльце тут же рядышком расположенного пестика или, как у голосеменных, переносилась на другие растения ветром. Посмотрите на какое-нибудь из современных опыляемых ветром растений, хотя бы на всем знакомую **березу**, — не сразу и найдешь на ней цветы, собранные в **соцветия**-«сережки», настолько они неприметные. Насекомые, которые уже были достаточно разнообразны, ползали по ветвям и, время от времени натыкаясь на цветы, наверное, пытались отведать мягкой завязи или скапливающейся между плодолистиками влаги. При этом они касались брюшком или лапками то тычинок, то пестиков на одном и том же цветке или на разных, тем самым способствуя их опылению. Взаимная выгода была очевидной: одним — пища, другим — успех в размножении.

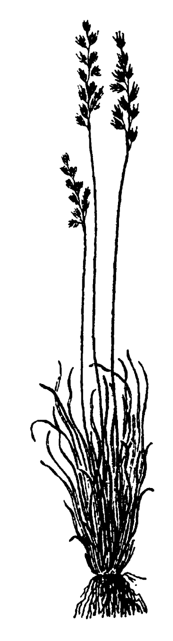
Так, ко взаимному удовольствию, и началась совместная эволюция двух классов растений и животных — покрытосеменных и насекомых, преобразовавшая жизнь на Земле. Потом к **опылителям** добавились некоторые **птицы** и даже отдельные **рукокрылые**, но все равно насекомых среди них — огромное большинство. О том, насколько плодотворным оказалось это содружество, свидетельствует их невероятное видовое обилие: цветковых больше, чем всех остальных растений, а насекомых больше, чем всех остальных животных. И теперь уже трудно представить, что когда-то мир наземных растений был двухцветным, зелено-коричневым — только в цвет листвы и стволов, что не было ошеломляющего многоцветья лугов и тропических лесов, не распространяли тончайший аромат **магнолии и ландыши**, не потрясали красотой необычных



Опыление цветка насекомым

форм и расцветок **орхидеи,** а над ними не гудели мохнатые трудяги-**шмели**, не порхали, мягко взмахивая широкими крыльями, разноцветные **бабочки** и крохотные, переливающиеся всеми цветами радуги длинноклювые **колибри.** И что, в конце концов, не было ягод и фруктов, дающих пропитание множеству зверей и птиц и украшающих наш стол.

Трудно даже вообразить, на какие только ухищрения не идут растения, чтобы привлечь насекомых. Большинство из них предлагает визитерам сладкий **нектар**, особенно богаты им тропические цветы, но и среди наших есть так называемые **медоносы** — например, **клевер.** Чтобы быть заметными издалека, у многих растений цветы крупные, раскрашены в ярчайшие краски — **орхидеи, тюльпан, наперстянка.** Той же цели достигает и другой вариант: небольшие и невзрачные цветочки собраны в большие **соцветия** — «кисти», «корзинки», «зонтики», «сережки», иногда они окружены ярко расцвеченными листями-**околоцветниками**, чтобы получилась совсем уж полная имитация цельного цветка, как у нашей хорошей знакомой — **ромашки.** Желтое кольцо в голубом цветке **незабудки** или фиолетовые штрихи на лепестках **герани** указывают прилетевшему насекомому кратчайший путь к **нектарнику.** Нередко характер окраски цветка специально приспособлен к биологическим особенностям конкретных насекомых: опыляемые ночными **бабочками** цветы обычно



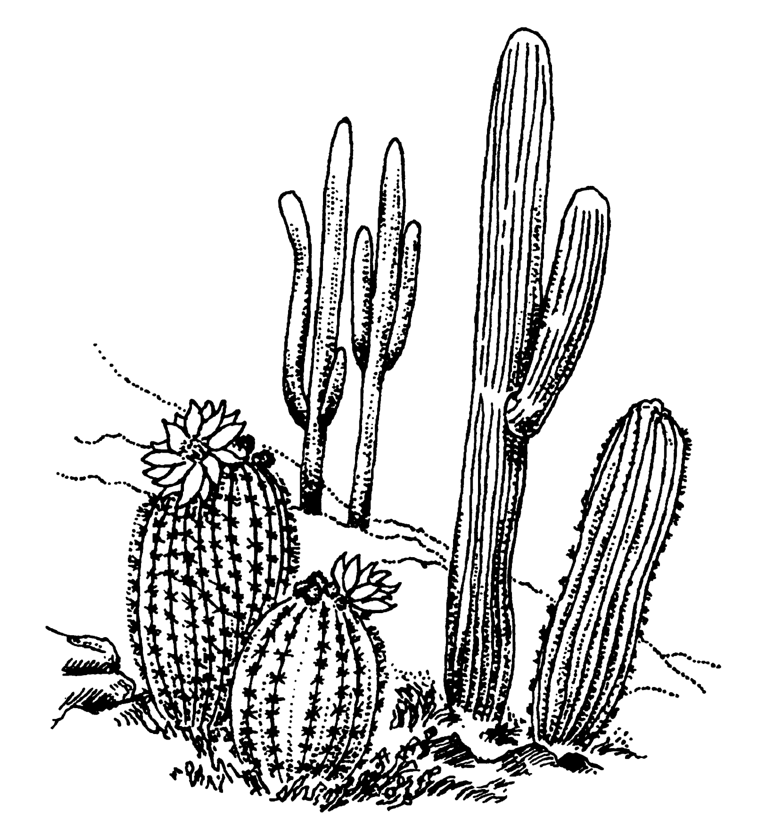
Овсяница

белые, а дневными мухами-**журчалками** — желтые; многие цветы, для нас невзрачные, для **пчел** ярко сверкают отраженными лучами ультрафиолета.

Не меньшие преимущества, чем цветы, покрытосеменным растениям дала листва. У большинства из них **листья** широкие — настоящие «солнечные батареи». Поначалу они были сплошными, овальной формы, но по мере эволюции **листовая пластина** у многих цветковых приобрела сложную конфигурацию — стала «лапчатой», «пальчатой», «дольчатой» и так далее. Взгляните на лист **гороха**: он изрезан так, будто на длинных побегах сидят отдельные маленькие листочки. Чтобы убедиться в достоинствах такого строения, посмотрите, как растет тот же горох на поле: хоть заросли и густые, да еще и переплетены «усиками» так, что и нескольких шагов пройти невозможно, почти все растения сверху донизу одинаково освещены солнцем — листья-то ажурные. А представьте себе, каково было бы нижним листьям, если бы верхние были как «лопухи» (так называются в народе листья **мать-и-мачехи**)?

Но листья не только воспринимают солнечную энергию, они еще и испаряют воду через

особые поры, которые у семенных растений называются **устьицами**. И чем шире листовая пластина, тем больше с нее испаряется воды. Конечно, в тропических лесах с этим нет проблемы: там такая высокая влажность, что вода постоянно осаждается на листьях и стекает с них капелью, недаром такие леса называются «дождевыми». А что же обитатели пустынь? Они, как и хвойные, резко уменьшили размер



Кактусы — феррокактус и карнегия

своих листьев. Зайдите в саксауловый лес где-нибудь в жарких Каракумах — там почти нет тени, потому что у **саксаула** листья превратились в чешуйки. **Кактусы** пошли еще дальше: они из листьев сделали колючки — и воду сохраняют, и защищают растение от желающих поживиться сочной мякотью.

ОТ КОНГЛОМЕРАТА КЛЕТОК — К ДВУХСЛОЙНОМУ «МЕШКУ»

Как вы уже знаете, переходной формой между одноклеточными и многоклеточными животными организмами было нечто вроде шарообразной колонии **вольвокса**. Его превращение в настоящее животное было связано с отказом от фотосинтеза и специализацией к питанию другими живыми организмами. Таким образом, в развивающейся биоте царство **животных**, в отличие от **растений**, взяло на себя функции так называемых **консументов,** то есть *потребителей* органического вещества. И все их дальнейшие превращения были так или иначе связаны с активным поиском и захватом пищи и, как следствие, с подвижным образом жизни. Все это потребовало более глубокой дифференциации тела на ткани, органы и системы органов.

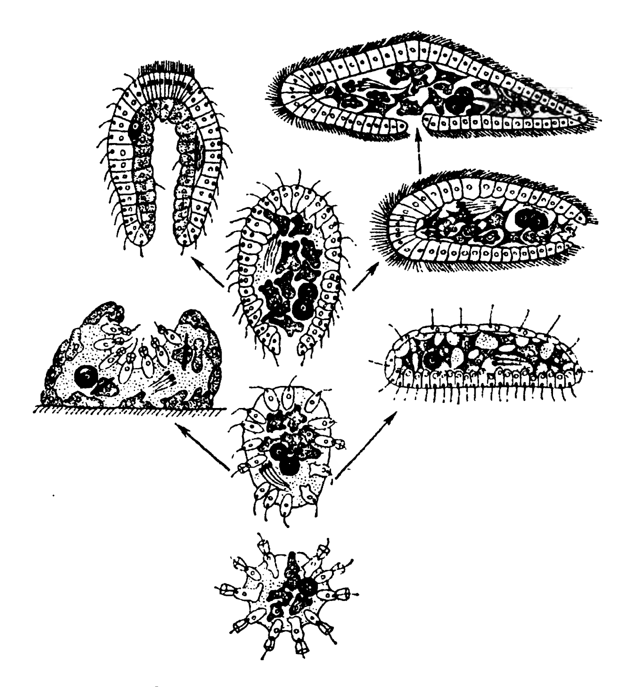
Для того чтобы перемещаться, нужны были органы движения, чтобы ориентироваться в пространстве — органы чувств (зрение,

осязание, обоняние и т.п.), чтобы питаться — органы захвата добычи, ее переработки и удаления из организма остатков (пищеварительная и выделительная системы). Увеличение размеров вызвало необходимость развития особых средств извлечения кислорода из воды (а затем и из воздуха) и доставки его, а также питательных веществ ко всем клеточкам тела — появились дыхательная и кровеносная системы. Усложнение организма потребовало координации действий всех его частей — зародилась нервная система. Поскольку различные органы закладывались как парные образования, была утрачена радиальная симметрия, животные стали двухсторонне (билатерально) симметричными. Наконец, на более поздних этапах эволюции животных появилась потребность в активном общении со своими соплеменниками. Это привело к развитию разных средств коммуникации — сначала химической (с помощью пахучих веществ), а затем и звуковой, в конце концов превратившейся в речь.

Как видно, эволюция животных затронула гораздо больше аспектов жизнедеятельности и строения организма, чем у растений. Поэтому-то представители животного царства и более разнообразны.

Первым шагом превращения шаровидной колонии было разделение клеток на двигающие, снабженные жгутиками или ресничками, и на безжгутиковые клетки, выполняющие в основном функцию переработки пищи и

запасания питательных веществ. В результате сформировались начатки двух типов тканей — **эктодермы** и **энтодермы**. У одних животных клетки со жгутиками и ресничками остались снаружи, как и у вольвокса (поэтому-то образованная ими ткань и называется «экто-», то есть наружная), а энтодермальные клетки сформировали внутреннюю (отсюда «энто-», то есть внутренняя) часть организма. Это многочисленные **черви**. У других же положение двух этих основных типов клеток оказалось прямо противоположным — таковы **губки**, а также **кишечнополостные**.



Эволюция полости тела

Самым архаичным из всех многоклеточных животных, сохранивших жгутиковые клетки снаружи, по праву считается крошечный, длиной всего четыре миллиметра, обитатель морей **трихоплакс**, открытый в конце XIX столетия, но детально изученный только в наши дни. Он настолько своеобычен, что его, единственного, выделили в отдельный тип — **Пластинчатые.**

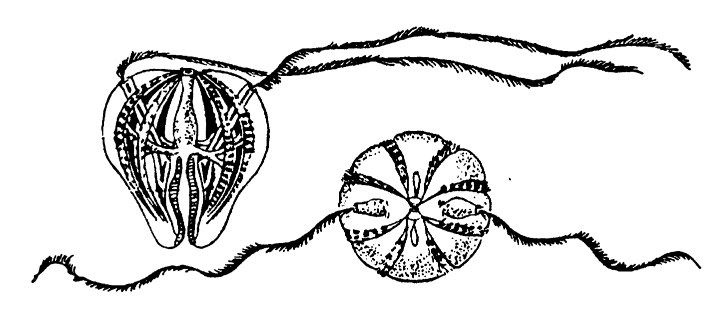
Представьте себе крохотный плоский комочек живого «вещества», заключенный в слой клеток со жгутиками, под которым находятся клетки, образующие рыхлую гомогенную ткань — **паренхиму**: это и есть трихоплакс. Он живет, прилепившись к какой-либо поверхности «брюшной» стороной, двигаться может в любом направлении («головы» у него нет) с помощью биения жгутиков («конечностей» тоже нет). Жгутиками же вокруг трихоплакса создается ток воды, подгоняющий к нему пищевые частички. Эти частички захватываются клетками паренхимы (общего «рта» нет), находящимися у поверхности тела, после захвата они перемещаются в глубь тела, чтобы переварить свою добычу (полости для пищеварения, то есть кишечника, тоже нет). Бесполое размножение, как это водится у примитивных существ, состоит в простом делении или почковании, но у трихоплакса уже есть и настоящее половое размножение, связанное с производством яйцеклеток и сперматозоидов. Если трихоплакса раздробить на отдельные клеточки,

то они, повинуясь им одним ведомому инстинкту, способны сползаться в комочки, каждый из которых вырастает в отдельный полноценный организм.

Итак, появление трихоплакса было первым шагом в длинном пути развития царства животных. Что же было дальше?

А дальше было образование внутренней полости тела — **кишечной**, сообщающейся с внешней средой единственным отверстием. И это было настоящей «революцией», поскольку означало переход к совершенно иному типу пищеварения — не внутриклеточному, как у всех одноклеточных и растений (сохранившемуся и у трихоплакса), а характерному для большинства животных внеклеточному (его еще называют **полостным пищеварением**). Так образовался «мешок» с двухслойной стенкой — снаружи окруженный эктодермой, а внутри выстланный энтодермой.

Среди современных низших животных есть немало представителей, общая схема строения которых выглядит именно как «мешок».



Гребневики

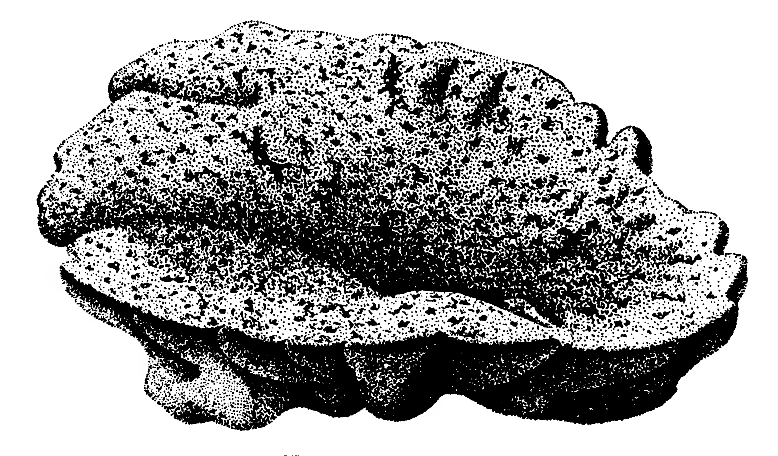
10-4

Таковы **кишечнополостные** и близкие к ним **гребневики**, а также **плоские черви** — все это отдельные типы животных. Правда подчас они так усложнены всяческими вторичными образованиями, что увидеть в них этот «первомешок» — нужна большая фантазия.

ВОТ ЧЕМ, ОКАЗЫВАЕТСЯ, МЫ МОЕМСЯ

Часто бывает, что за обыденностью повседневной жизни мы не замечаем, с какими чудесами природы нам приходится иметь дело. Привыкнув с детства растирать тело самой обычной губкой, когда моемся под горячей водой, мы даже не задумываемся, что у нас в руках не что иное, как скелет морского животного, представителя особого типа живых организмов, не только одного из самых архаичных, но и обретшего свой особый путь морфологической эволюции. Этот тип так и называется — **Губки.** О древности губок говорит тот факт, что уже в кембрийских морях, то есть около 600 миллионов лет тому назад, они были не менее, если не более разнообразны, чем в настоящее время.

Внешний вид и строение губок столь необычны, что ученые долгое время даже не могли найти им подходящее место в естественной системе природы. В средние века их вместе с некоторыми другими «сидячими» жизненными



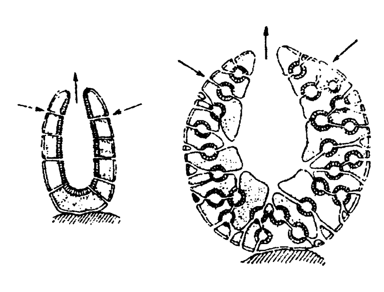
Туалетная губка

формами (**полипы, мшанки** и другие) даже выделяли в группу так называемых **«зоофитов»**. Лишь к концу XVIII столетия, изучив микроскопическое строение губок, специалисты пришли к выводу, что они все-таки имеют дело с настоящими животными — уже не одноклеточными, но еще и «не полностью» многоклеточными.

Что же такого особенного в губках, что долгое время мешало понять их истинную природу? Это совершенно неподвижные организмы, формой напоминающие наплывы или наросты на камнях, иногда кустики, воронки, чаши. Тело губки легко рвется или крошится; на изломе видно, что оно состоит из какой-то почти однородной пористой массы (еще одно научное название типа губок — **пористые**), чаще всего с сердцевинной полостью. У губок нет почти никаких зачатков тканей и органов, присущих

более высокоразвитым животным, вся дифференциация тела закончилась на стадии формирования отдельных типов клеток. Поэтому тело этих странных животных настолько слабо интегрировано, что из любой его отделенной части может вырасти новый организм, а протертые через сито клетки, если их поместить в подходящие условия, сползаются кучками и образуют несколько новых губок. Да и на внешние раздражители эти животные почти никак не реагируют. Нет, не зря одно время их считали не более чем особыми колониями разных одноклеточных простейших.

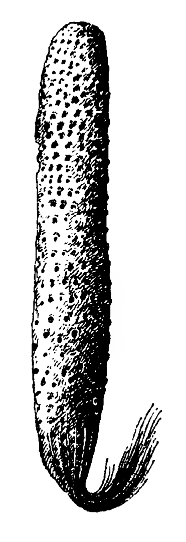
И все-таки губка — это действительно многоклеточный организм, по уровню развития стоящий несколько выше **трихоплакса**. В частности, тело губок уже построено по принципу «мешка» с двойными стенками. Но если у большинства многоклеточных животных жгутиковые клетки образуют наружную стенку тела, то у губок они выстилают его внутреннюю полость. И это позволяет считать, что сходный «мешочный» план строения приобретен губками независимо от прочих животных, то есть в результате так называемой «параллельной» эволюции. Просто природа «попробовала» такой вот, как у губок, вариант плана



Строение губок

строения тела, но «выяснила», что он мало перспективен. Так эти странные создания и оказались вытесненными на «задворки» зоологической истории более прогрессивными живыми существами. Хотя, с другой стороны, какие же это «задворки»: губки вполне процветают в современном мире и достаточно разнообразны.

Многие губки — обитатели тропических вод Мирового океана. Наибольшее их разнообразие приходится на сообщества коралловых рифов. Любят они селиться и в прибрежных водах на каменистом дне. Среди них особо выделяется своими крупными размерами так называемая «**Чаша Нептуна**». Совсем недавно губки обнаружены даже на дне глубоководных впадин: рекордсменом является **морской ершик**, найденный на глубине 10 тысяч метров. И как только это аморфное создание выдерживает гигантское давление водяного столба?! Обширнейшие скопления некоторые **стеклянные губки** образуют в холодных водах. Например, антарктический материк опоясан широкой полосой массовых поселений этих существ на глубине 100–500 метров.



Стеклянная губка

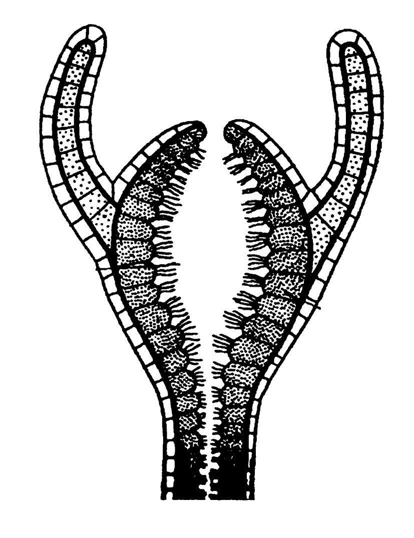
Но и в пресных водоемах губки также встречаются: комковатые или слабо ветвящиеся колонии **бодяги** серовато-

зеленоватого цвета можно увидеть в медленных речках, на мелководьях озер и прудов. Она поселяется на камнях, притопленных корягах, затонувших стволах и ветвях деревьев.

ЖИВОТНЫЕ ИЛИ РАСТЕНИЯ?

На берегу моря после шторма обычно остаются гряды выброшенных волнами зеленоватых или бурых спутанных остатков подводной жизни, общим видом напоминающих растения. Одни из них действительно являются растительными организмами — это **водоросли**. Но в этих кучках попадается и «морская трава» совершенно иного рода — животного происхождения.

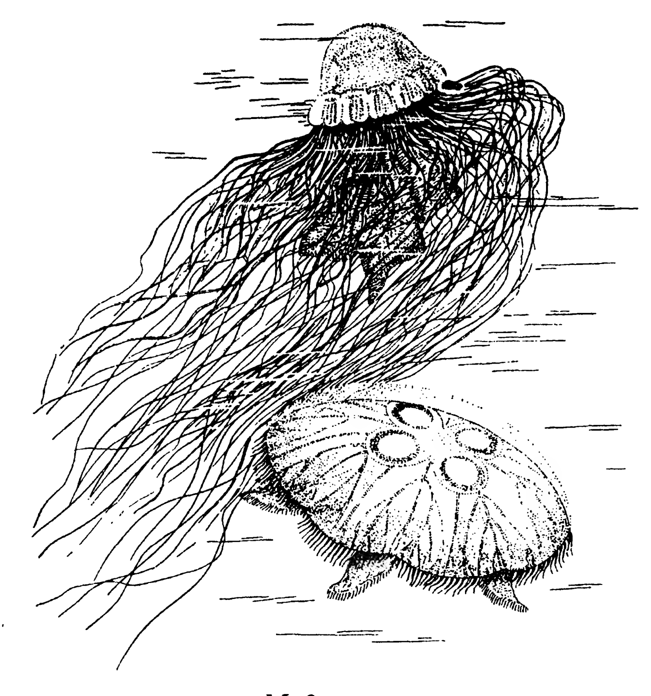
Попробуйте в гуще переплетений отыскать такую еще не успевшую обсохнуть на солнце «веточку» и, поместив в посудину с чистой морской водой, внимательно рассмотрите ее под увеличительным стеклом. Вы увидите, как на кончиках этой веточки сидят какие-то слизистые комочки, которые, если их не тревожить, потихоньку начинают шевелиться, вытягиваются в длину, становясь похожими на крохотные кувшинчики, и наконец по краю такого кувшинчика вдруг вырастает венчик многочисленных мягких щупалец. И оказывается, что вся это «веточка» не что иное, как колония полипов, а каждый живой «кувшинчик» с щупальцами и есть отдельный **полип**.



Строение полипа

Большинство кишечнополостных существует как бы в двух ипостасях — как уже упомянутые полипы и как **медузы**. Но не следует думать, что это разные ветви эволюционного древа кишечнополостных. На самом деле полипы и медузы — просто разные стадии жизненного цикла одних и тех же видов животных, который называется **чередованием поколений** (вы с таким способом развития познакомились, когда читали про **водоросли**). Бесполые особи, то есть полипы, чаще всего сидячие, размножаются почкованием или делением. Потомки одной особи-родоначальника могут стать либо другими полипами, либо медузами, плавающими в толще воды и размножающимися половым путем. Медуза получается путем поперечного деления полипа: сначала обозначается поясок, который все глубже перетягивает тело полипа и наконец «перерезает» его, оторвавшаяся конечная часть переворачивается ртом вниз, вытянутое тело превращается в уплощенный зонтик — все, медуза готова к самостоятельной жизни.

Полипы — животные-невелички, их размеры редко превышают несколько сантиметров, но бывают и исключения. Так, **брахиоцериантус** достигает метровой высоты, причем его «рот» окружают настоящие заросли из почти четырехсот щупалец, а у живущей у побережья Австралии актинии **стойхактиса** только диаметр ротового диска составляет целых полтора метра. Но особенно крупными бывают медузы, среди них есть настоящие гиганты. Например, у **цианеи** диаметр зонтика достигает двух метров, а длина свисающих вниз тонких щупалец — до 30 метров!



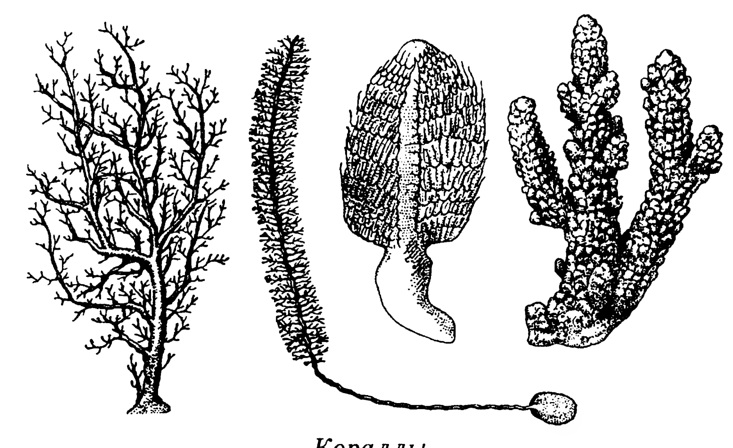
Медузы

Кишечнополостные обладают весьма эффективной системой, как защищающей их от врагов, так и позволяющей умерщвлять довольно крупную добычу — рыбешек, например. Речь идет об особых **стрекательных клетках**, которые разбросаны по всей поверхности тела, но наиболее густо сидят на щупальцах и вокруг ротового отверстия. Эта особенность столь характерна для кишечнополостных, что еще одно название представителей данного типа — **стрекающие.**

Строение стрекательной клетки на удивление сложно. Ее полость, прикрытая снаружи особой крышечкой, заполнена ядовитой жидкостью, в ней лежит свернутая спиралью тонкая **стрекательная нить**, снабженная твердыми шипиками или покрытая клейкой субстанцией, а на внешней стороне клетки имеется особый чувствующий волосок. Стоит коснуться этого волоска, как клетка мгновенно «выстреливает» стрекательной нитью, которая либо вонзается в тело хищника или жертвы, либо приклеивается к нему, а ядовитое содержимое полости изливается наружу. А поскольку клетки сидят густо, то срабатывает система «залпового огня»: свои нити, словно по команде, «выстреливают» все близрасположенные клетки. В результате причина тревоги получает добрую порцию парализующего заряда, да вдобавок порой оказывается прочно опутанной клейкой паутиной множества нитей.

Сила яда у крупных кишечнополостных весьма велика. Так, многие **актинии** вызывают ожоги и иногда даже сильное опухание кожи. Среди моряков особо дурной славой пользуется медуза **физалия**. Ее ярко раскрашенный зонт, наполненный воздухом, подобно плавательному пузырю на 10–20 сантиметров возвышается над водой (за что ее еще называют **португальским корабликом**), а тонкие извитые щупальца на 20–30 метров свисают вниз. У пораженного физалией человека наступает частичный паралич, так что даже хороший пловец подвергается серьезному испытанию, а при особо сильном отравлении может захлебнуться и утонуть. А вот яд полипов **зоантарий**, как недавно выяснилось, по своей токсичности в 200 раз превосходит яд кобры!

Особую славу многим обитающим в тропических водах колониальным кишечнополостным принесли их выдающиеся строительные способности — таковы **коралловые полипы**. Постоянно делясь и почкуясь, отдельные особи не теряют связь друг с другом, а сообщаются посредством трубочек — выростов пищеварительной полости. В итоге получается некий «сверхорганизм» — колония, состоящая порой из миллионов крохотных существ с почти что единой, общей для всех пищеварительной полостью. Одни из них скелетный материал откладывают внутри своего тела, другие наращивают его вокруг него из органического (у **горгонарий**) или известкового (у **мадрепоровых**



Кораллы

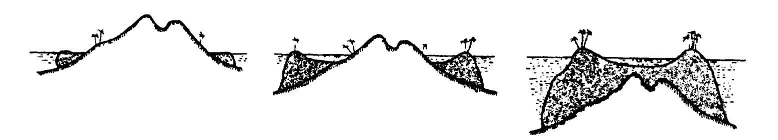
кораллов) материала, придающего колонии удивительную прочность. Крохотные животные из поколения в поколение создают общий «скелет» всей огромной колонии — они умирают, а результат их труда остается.

Эти колонии в высшей степени разнообразны. Есть среди них стелющиеся и древовидные, перистые и похожие на ершик для мытья посуды, подушкообразные или в форме лепешек. Некоторые колонии невелики, да и живут сравнительно недолго; их-то иногда и можно найти выброшенными на морской берег. Другие же растут на одном и том же месте многие сотни тысяч и даже миллионы лет, образуя огромные известковые массивы — знаменитые **коралловые рифы**.

В их происхождении немало загадочного. Живые полипы населяют в коралловом рифе только хорошо освещенный и прогретый

приповерхностный слой, на глубине же риф — просто сплошная глыба пористого известняка, настоящий «мертвый дом». Но ведь эти глубины очень даже порядочные. Например, на атолле Эниветок в Тихом океане с помощью бурения установили, что основание кораллового «дома» находится на глубине свыше одного километра. Кто же там его строил?

Наверное, дело происходило так. Сначала у острова на подходящей глубине начинают расти коралловые колонии — получается береговой риф. Но планета Земля, как вы знаете, все время «дышит», и под воздействием различных тектонических сил острова вырастают или, наоборот, погружаются в воду. Если клочок суши среди океана вдруг начинает расти ввысь, его коралловое обрамление оказывается выше уровня воды и под действием эрозии превращается в превосходный пляж из белого песка. Если остров погружается в морскую пучину, то он за собой увлекает и строителей кораллового рифа. Но если это погружение происходит медленно, очень медленно, то остающиеся у поверхности полипы успевают наращивать следующий «этаж» своего общего «дома» — и так из века в век сантиметр за



Образование кораллового рифа

сантиметром. И наконец, когда под водой исчезает последний клочок островной суши, на поверхности остается кольцо кораллового атолла с лагуной посредине.

САМЫЕ РАЗНЫЕ ЧЕРВИ

В стародавние времена, когда у ученых не было ни специальной техники препаровки, ни микроскопов, они зачастую судили о положении живых организмов в естественной системе просто по их внешнему виду. И поэтому многих беспозвоночных животных с вытянутым телом и без ног называли просто **червями.** Потом оказалось, что, с одной стороны, эти «черви» гораздо более разнородны, чем, например, позвоночные животные. А с другой стороны, некоторые организмы, на настоящих червей как будто вовсе не похожие (например, **коловратки**, которых наряду с **полипами** поначалу относили к уже знакомым вам **«зоофитам»**), на самом деле родственны именно червеобразным формам. Поэтому, хотя в обыденном языке слово «червь» осталось в своем исходном смысле, в естественной системе животного царства такой общей категории в настоящее время нет. А есть несколько разных типов беспозвоночных животных, с которыми мы сейчас и познакомимся.

С типа **Плоские черви** начинается тот наиболее крупный раздел естественной системы,

который объединяет **двухсторонне (или билатерально) симметричных** животных, то есть таких, у которых, как у нас с вами, есть правая и левая стороны тела. Они чрезвычайно примитивны: общий план строения тела, как и у кишечнополостных, напоминает все тот же «мешок», поскольку кишечная полость сообщается с внешней средой единственным отверстием (оно у этих червей расположено на брюшной стороне тела). А многие представители класса **турбеллярий** даже сохранили реснички на теле. Примечательно, что у наиболее прогрессивных представителей типа — **планарий** — кишечник столь сильно разрастается, что берет на себя функции распределительной системы: кровеносной, лимфатической и еще отсутствующей дыхательной, доставляя в самые отдаленные участки тела необходимые для жизнедеятельности клеток питательные вещества.

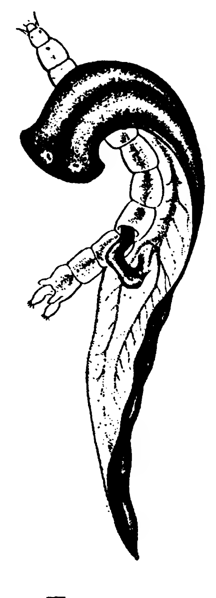


Планария морская

Но есть и целый ряд новшеств, отсутствующих у кишечнополостных и знаменующих собой переход на более высокий уровень биологической организации. Впервые появляется особый внутренний слой клеток (**мезодерма**), из которого впоследствии образуются многие важные органы тела. У наиболее прогрессивных

планарий в передней части тела образуется скопление нервных клеток — **мозговой ганглий;** впервые закладывается и выделительная система. Наконец, у свободноживущих (то есть не склонных к паразитизму) плоских червей развивается довольно мощная **мускулатура,** обеспечившая возможность — опять-таки впервые в истории животного царства — довольно быстрого передвижения с помощью змеевидных изгибов всего тела или его боковых краев.

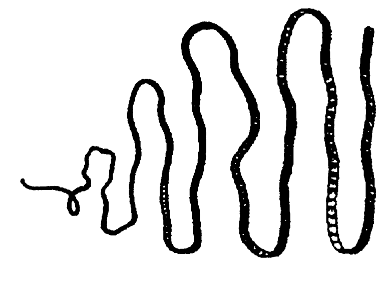
Как и «полагается» группе, только вступившей на путь прогрессивной эволюции, плоские черви удивительно разнообразны в своих приспособлениях. Трудно у них найти какую-либо систему органов, которая не подвергалась бы существенной перестройке. Многие из этих изменений связаны непосредственно с особенностями образа жизни: ведь одни из них живут в морской воде, другие пресноводные; многие обитают в почве; среди свободноживущих плоских червей есть и «вегетарианцы», и настоящие свирепые хищники. Например, **дугезия** нападает на обитающих в почве личинок насекомых. Она запускает в тело добычи свою способную



Планария дугезия

выворачиваться наружу глотку, оттуда поступают пищеварительные ферменты, растворяющие ткани жертвы, а червяку потом остается лишь всосать получившийся «супчик» через все ту же глотку.

Многие из плоских червей — одни из самых распространенных **эндопаразитов** (напомню: «эндо-» — значит внутренний). Они избрали в качестве среды обитания для себя организмы других животных, в том числе и позвоночных. Наиболее известные среди них — **печеночная двуустка**, представитель класса **трематод**, или **сосальщиков**, разные виды **цепней** и **эхинококков** из класса **цестод**, или **ленточников**. Одни из них небольшие, но зато их может быть в одном организме множество, другие берут не числом, а размерами: черви — паразиты китов — могут быть длиной до 40 метров. И это не ошибка: они действительно длиннее своих хозяев, самых крупных из позвоночных животных — ведь и **бычий цепень** (он же **солитер**), иногда поселяющийся в человеке, достигает иногда 10-метровой длины! Тело его состоит чуть ли не из тысячи члеников, каждый из которых занят «производством» огромного количества потомков: за год один такой червь-гигант может наплодить до 600 миллионов яиц!

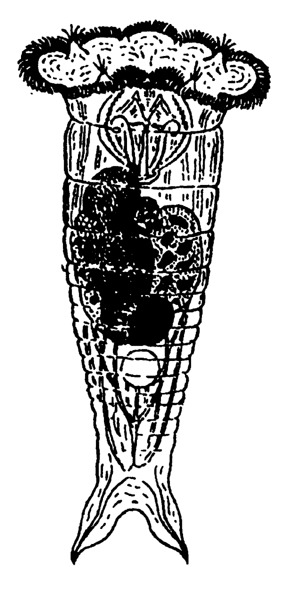


Цепень

Следующий этап эволюционного развития низших позвоночных знаменует возникновение типа **Круглых червей**, или **Немательминтов.** Это один из наиболее многочисленных типов низших беспозвоночных: в их числе — **нематоды**, к которым относятся такие известные эндопаразиты человека, как **аскарида, ришта, трихина.** Но прежде чем круглые черви освоили паразитический образ жизни, с ними произошло два важных исторических события.

Во-первых, у немательминтов пищеварительный тракт нашел себе выход в задней части тела, в результате чего образовался **анус**, или **заднепроходное отверстие.** Именно через него, а не через «рот» (как у кишечнополостных), у животных отныне стали выводиться наружу непереваренные остатки пищи. В результате нематоды перестали быть «мешком», а превратились в своеобразную двойную «трубку в трубке». Одновременно с этим ротовое отверстие переместилось с брюшной части тела на голову, то есть туда, где оно находится и у всех высокоорганизованных животных. Другим событием стало формирование **первичной полости тела.** На месте паренхимы между стенкой тела и внутренними органами появились щели, или **лакуны**, заполненные полостной жидкостью. Благодаря ее довольно высокому давлению эта полость стала выполнять роль своеобразного внутреннего «скелета» — его

называют **гидростатическим.** А поскольку вдобавок к этому сформировались плотные кожистые покровы, то начиная именно с круглых червей тело беспозвоночного животного приобрело постоянную форму.



Коловратка

Но не все представители этого типа по своему облику являются «червями». К нему относятся и крошечные (длиной не более двух миллиметров) **коловратки**, или **ротатории**, названные так за своеобразный способ движения в воде. Вращаясь вокруг своей продольной оси, они как бы «ввинчиваются» в воду, отчасти напоминая этим **реснитчатых инфузорий**. Для этого им служит особый **коловращательный аппарат**, представляющий собой систему жгутиков или щетинок, растущих на передней части тела. Некоторые коловратки отказались от передвижений и превратились в сидячих колониальных животных с наружным скелетом-домиком наподобие некоторых полипов (с которыми их ранее и объединяли под общим уже знакомым вам названием «**зоофиты**», то есть «животные–растения»).

ТАК ПРОИСХОДЯТ «РЕВОЛЮЦИИ»

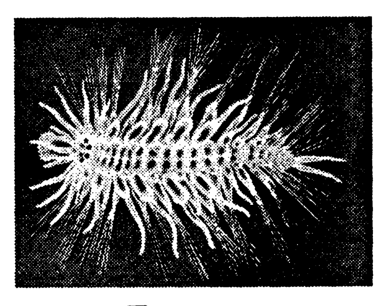
В начале третьего (и пока что последнего) миллиарда лет существования жизни на Земле все высокоразвитые животные были червеобразными. Они постепенно становились все сложнее, приобретая новые органы для обеспечения более высокого уровня жизнедеятельности. Конечно, среди них были случаи существенного отклонения от магистрального пути развития, с некоторыми из них вы только что познакомились. И все-таки прогрессивная эволюция брала свое, приведя к появлению особого типа червей, называемых **Аннелиды, или Кольчатые черви** (а проще — **кольчецы**).

С их выходом на сцену в строении беспозвоночных животных произошли столь важные изменения, что аннелиды по праву считаются одной из «ключевых фигур» в эволюции животного царства. Многие из этих изменений так или иначе связаны с важнейшим «нововведением» — появлением **вторичной полости тела**, или **целома**. Он развился из расположенных один за другим вдоль кишечника пузырей, так что тело животного стало сегментированным, состоящим как бы из отдельных сегментов — **метамеров**. В результате аннелиды и все их эволюционные потомки (в том числе и **позвоночные**, к которым мы с вами относимся) стали **метамерными** животными.

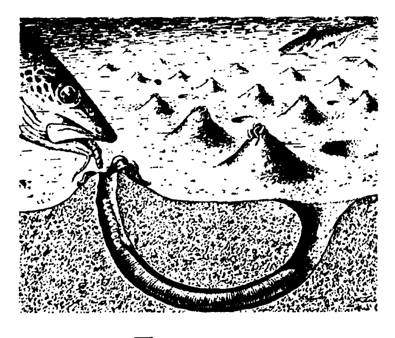
Чем еще примечательны аннелиды? Впервые в животном мире у них четко обособились

головной, туловищный и хвостовой отделы тела. Впервые же появились и настоящие конечности, хотя еще малоподвижные и устроенные не так, как у позвоночных или насекомых, за что их и назвали **параподиями**. Наконец, впервые у живущих в воде кольчецов образовались и настоящие органы дыхания — наружные **жабры**. При этом сегменты тела по непонятной причине получили такую «автономию», что все анатомические нововведения развивались в каждом сегменте по отдельности — в этом и состоит сущность метамерии.

Среди кольчецов наиболее многочисленны так называемые **многощетинковые черви**, или **полихеты**, названные так за то, что в основаниях их параподий сидят пучки щетинок. Эти морские животные чаще всего ведут активный образ жизни и нередко хищничают. Одни из них постоянно плавают в толще воды, служа добычей многим рыбам, другие зарываются в грунт и сами поджидают там сами свою добычу, выставив наружу только передний конец головы с мощными челюстями. Но есть среди «сидячих» полихет и вполне мирные создания. К ним относятся **пескожилы**, которые образуют целые поселения на мелководных песчаных «пляжах». А некоторые из них



Полихета



Пескожил

удивительно похожи на многократно увеличенных коралловых полипов. Например, **сабеллиды** строят из песчинок и иного «подручного материала» домики трубочкой и на всю жизнь заточают себя в них, наружу торчат только длинные перистые щупальца. Когда эти полипообразные черви располагаются где-нибудь среди скал большими тесными скоплениями, то их поселения становятся похожими на коралловые рифы.

В тропических районах Тихого океана осенью в новолуние можно наблюдать удивительные «брачные игры» червей **палоло**, относящихся к особому семейству полихет — к **нереидам**. Свое название в честь дочерей Нептуна нереид эти морские обитатели получили за свою яркую окраску и необычное половое поведение. У них бесполые особи довольно скрытно живут среди расщелин коралловых рифов. Когда приходит пора размножаться, они начинают делиться поперечно (как это делают **полипы**, давая начало **медузам**), а отсоединившиеся хвостовые части превращаются в новых особей, готовых к половому размножению. И вот однажды ночью сотни тысяч этих вновь образовавшихся червей длиной до 40 сантиметров, начиненные половыми продуктами,

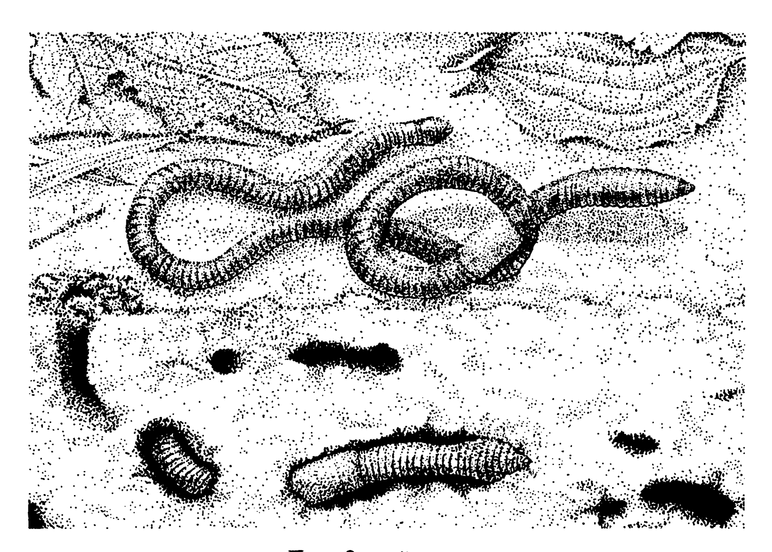
словно по команде, устремляются к поверхности, где начинают крутиться и вертеться в безумном хороводе, выбрасывая из себя яйцеклетки и спермии, — морская вода мутнеет от огромного количества половых клеток, готовых слиться и дать начало миллионам новых жизней. Игра нереид при лунном свете — захватывающее зрелище, за нею можно наблюдать часами. Местные жители с нетерпением ждут появления палоло и устремляются на лодках к местах их «роения» — эти черви считаются у полинезийцев настоящим деликатесом.

Вообще многие крупные полихеты удивительно красивые создания. Одни из них ярко-красные, другие желтые, нередко исчерченные разноцветными поперечными полосами. Иногда их придатки — жабры или щетинки у оснований параподий — бывают длинными, ветвистыми или даже перистыми, окрашенными в другой цвет, нежели туловище. Кроме того, некоторые черви способны к **фотолюминесценции**: иные светятся целиком, у иных мягким зеленоватым, голубоватым или желтоватым светом мерцают какие-то части тела — те же щетинки или даже внутренние органы.

Если полихеты в основном обитатели морей, то большинство **олигохет** (что означает **«малощетинковые»**) живет на материках. Впрочем, сухопутные олигохеты — обитатели сырой почвы и появляются на ее поверхности лишь в редких случаях. Им нужна достаточно

высокая влажность: ведь они дышат всей поверхностью тела, так что пересыхание для них равносильно смерти. Вот почему **дождевые черви** — наиболее известные представители этого класса — выползают из своих норок только по ночам да в дождливую погоду (отсюда и их название).

Перечень всеобщих знакомцев из числа кольчецов будет неполным, если не упомянуть **пиявок**, составляющих в этом типе отдельный класс. Многие из них — кровососы, атакующие крупных позвоночных животных. Поэтому пиявки приспособлены к активному передвижению, а их ротовой аппарат — к прогрызанию плотных покровов, таких как рыбья чешуя. Кто из вас не видел в пруду или речке **речную пиявку**, с помощью



Дождевой червь

волнообразных изгибов тела довольно быстро плывущую между водорослей в поисках очередной жертвы? Но некоторые сухопутные пиявки не утруждают себя погоней за добычей: живущие во влажных тропических лесах **гемадипсы**, подобно некоторым **клещам**, залезают на свисающие над звериной тропой листья и терпеливо поджидают свою жертву.



Сухопутные пиявки

По правде сказать, ощущение, когда в тебя вгрызается пиявка, чтобы испить кровушки, не из самых приятных. Но люди приспособили и этих кровожадных червей в «мирных целях»: при повышенном давлении доктор (вспомните Дуремара из сказки про Буратино) может прописать добрую порцию **медицинских пиявок**. И хорошо, что их, а не каких-нибудь других. Ведь если вы думаете, что те пиявки, которые не сосут кровь, мирные «вегетарианцы», то ошибаетесь: напротив, многие из них — самые настоящие хищники, заглатывающие целиком или по частям других животных, которые им «по зубам».

НОГИ — ЭТО ГЛАВНОЕ!

На начальном этапе эволюции той или иной группы животных иногда случаются события, которые приводят к важным перестройкам в организме и дают ей преимущества перед предками и «соседями» по естественной системе. Это так называемые **ароморфозы**, без которых не бывает прогрессивного развития.

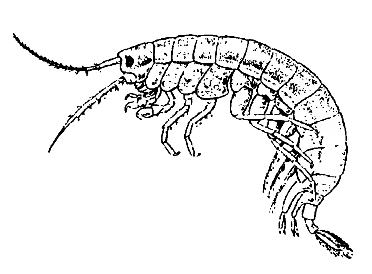
В истории беспозвоночных таким событием некогда стало приобретение кем-то из **полихет** сразу двух эволюционных новшеств — подвижных **конечностей** и твердого **хитинового покрова**. В результате их потомки перестали быть «червями» — они уже не волочили брюхо по земле, а смогли ходить, бегать, прыгать. Поскольку ноги получились членистыми, то есть состоящими из нескольких отделов-члеников, то вновь народившийся тип животных так и назвали — **Членистоногие**. А плотные наружные покровы дали им надежную защиту от всяческих погодных невзгод, да и от хищников: ведь во времена первых членистоногих — а возникли они более 600 миллионов лет тому назад — не было еще никого, кто мог бы мощными челюстями раздробить защитные щитки.

Последствия этой «революции» оказались просто грандиозными. Членистоногие проникли почти всюду, где только возможна жизнь. Они живут в морях и океанах, как в толще воды, так и на дне, в самых разных пресных водоемах, а на суше среди беспозвоночных

им просто нет равных по «захвату» самых разных местообитаний. Без преувеличения можно сказать, что именно два указанных новшества обеспечили грандиозный успех этой группы на суше. Поэтому-то тип членистоногих — рекордсмен среди всех живых организмов по разнообразию: в нем насчитывается около миллиона видов, то есть не менее 2/3 всех обитателей Земли. Но и среди самих членистоногих есть собственные рекордсмены — почти 90% видов этого типа приходится на класс насекомых!

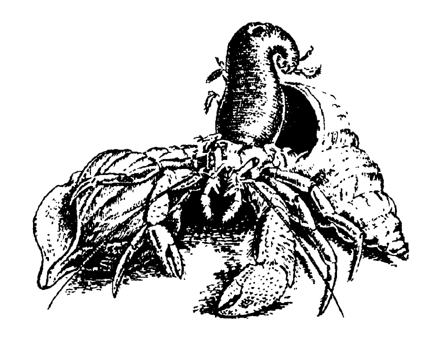
Первыми членистоногими были **трилобиты.** Они просуществовали в древних морях ни много ни мало 300 миллионов лет и бесследно исчезли к концу палеозоя. Это были придонные животные, ползавшие по илу, они буквально кишели в прибрежной зоне морей и океанов. На голове у трилобитов был сплошной щит, прикрывавший мягкие части тела.

На смену им пришли **ракообразные**, также в основном водные обитатели. У них от червеобразных предков сохранились наружные жабры, растущие у оснований ног, поэтому на суше им приходится тяжко. Зато в воде ракообразные стали господствовать среди беспозвоночных.



Рачок бокоплав

Пока ракообразные осваивали водную среду, остальные



Рак-отшельник

членистоногие, дождавшись, когда Земля покроется растительностью, ринулись на сушу.

Первыми водную среду покинули **хелицеровые**. Название свое эти животные получили за **хелицеры** — особые, расположенные на голове конечности, похожие на челюсти или на клешни и служащие им грозным оружием.

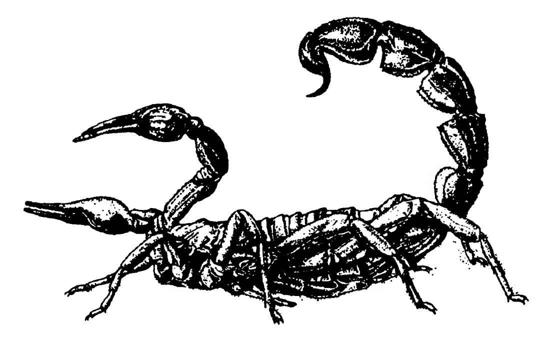
Впрочем, наиболее древние представители этой ветви членистоногих были еще морскими обитателями. Длительное время огромные хищные **ракоскорпионы** соперничали с **трилобитами** за первенство в водной стихии. И надо думать, частенько выходили победителями: ведь среди них были гиганты, достигавшие в длину двух метров. Впрочем, их постигла та же участь, что и трилобитов: все они вымерли, от тех некогда процветавших водных хелицеровых остались только некрупные, редко более полуметра длинной, **мечехвосты**. Внешне они похожи на трилобитов и тоже дышат жабрами.

Окончательный выход на сушу членистоногих — первопроходцами стали относящиеся к хелицеровым **паукообразные** — сопровождался выработкой целого комплекса приспособлений, так или иначе связанных с

существованием вне воды. Это было и уплотнение покровов (которые одновременно служили и скелетом), и более мощное развитие мускулатуры, усовершенствование и отчасти перестройка органов чувств. Одним из важнейших «завоеваний» стало окончательное закрепление внутреннего оплодотворения: ведь сперматозоиды и яйцеклетки не могли «встретиться» вне воды. Оболочка яиц стала более плотной, чтобы обезопасить их от высыхания. Да и дышать паукообразные стали легкими, а не жабрами.

Почему-то этих животных мало кто любит. Хотя понятно почему: многие из них ядовитые, а **клещи** еще и присасываются. Но если спокойно разобраться...

Посмотрите, как **скорпионы**, наиболее примитивные из паукообразных, идеально приспособлены к обитанию под камнями, где скапливается влага. Плоские, способные пролезть в малейшую горизонтальную щель или, когда нужно, прижаться к земле и слиться с



Скорпион

фоном. Гибкий хвост скорпиона — грозное оружие: снабженный на конце иглой и капсулой с ядом, он хлестким разящим ударом поражает противника. Так что если сунуть руку под камень, можно иной раз получить такой урок, который на всю жизнь запомнится. Но представьте себе: в вашу квартиру вламывается громила...

ОБРЕТШИЕ КРЫЛЬЯ

Да, **паукообразные** стали первыми по-настоящему наземными животными. Но, как это нередко бывает, не они оказались истинными



Примитивное насекомое (реконструкция)

хозяевами суши среди беспозвоночных — эта роль природой была уготована **насекомым**. Именно представители этого класса членистоногих смогли то, что оказалось не под силу прочим обитавшим в то время на Земле творениям живой природы, — овладели воздушной стихией. Ибо их важнейшим эволюционным завоеванием стали крылья.

Ближайшие предки насекомых, появившиеся на суше в конце девонского периода около 350 миллионов лет назад (почти одновременно с **амфибиями**), были бескрылыми и обитали в почве. Это **многоножки**, унаследовавшие от кольчецов длинное извилистое тело с одной или двумя парами коротких ножек на каждом туловищном членике, — особенно их много у **кивсяка**. Но уже у первых настоящих насекомых, тоже, впрочем, еще не летающих — таких как **коллемболы**, — тело укоротилось, стало более плотным, а число ног сократилось до трех пар. Такой план строения, очевидно, и позволил насекомым «встать на крыло», то есть он оказался своего рода «преадаптацией» к полету.

Крыло насекомого ни по происхождению, ни по принципу работы совершенно непохоже на крыло **позвоночного** животного. У **птицы**, **летучей мыши**, **птерозавра** в крыло превращена передняя нога. У насекомого же крыло сформировалось как плоское выпячивание стенок груди. Это значит, что крылья у позвоночных и насекомых — аналогичные образования. Сначала таких выпячиваний образовалось



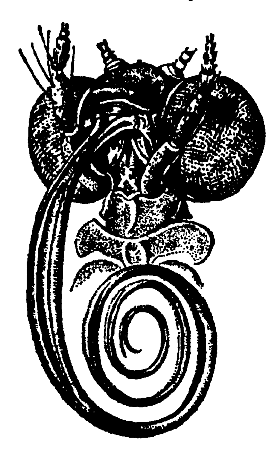
Летящий жук бронзовка

много, не менее десятка, по одному на членик тела, их назначением было просто увеличивать поверхность тела при прыжке с ветки: первые попытавшиеся освоить воздух насекомые парили, а не летали. Затем, когда насекомое попробовало махать этими хитиновыми складками, наверное, оказалось, что они мешают друг другу. Их число было сокращено до трех пар, потом до двух (так у большинства современных насекомых) и в конце концов у самых быстрых летунов — **мух** — осталась только одна пара крыльев (за что их самих и их родичей **комаров** называют **двукрылыми**). А чтобы крыло было достаточно прочным, в нем образовались специальные **жилки** — своеобразный аналог длинных пальцев у летучих мышей, поддерживающих летательную перепонку. У **бабочек** крылья к тому же припорошены особой «пыльцой» — мельчайшими чешуйками, за что их называют также **чешуекрылыми**. У жуков передняя пара крыльев стала очень плотной и в полете не участвует, их назначение — прикрывать заднюю, рабочую пару крыльев, когда те сложены. Уплотненные крылья называют **надкрыльями**, а сам этот отряд насекомых — **жесткокрылыми**.

Что еще помогло насекомым столь эффективно завоевать сушу? Во-первых, они выработали приспособление к защите от потерь

влаги — очень тонкий, но совершенно непроницаемый для воды слой **кутикулы.** Во-вторых, у насекомых появился особый орган дыхания — **трахеи**, такие тонкие выстланные хитином трубочки. Длинные, многократно ветвящиеся, они, в отличие от легких, сами доставляют воздух к самым отдаленным уголкам тела. Интересно, что в связи с этим у насекомых кровь утратила одну из важнейших функций, без которой не обходятся другие наземные животные (в том числе и **паукообразные**): она не переносит кислород. Наверное, подобное устройство дыхательной системы имело какие-то свои выгоды, иначе насекомые не стали бы такой процветающей группой, но зато оно и ограничило возможности увеличения их размеров.

Конечно же, глаза — огромные, иногда в полголовы, и очень сложные, таких ни у кого больше нет. Орган зрения у большинства насекомых состоит из множества отдельных глазков-**фасеток** и потому называется **фасеточным.** Каждая фасетка «видит» отдельно от всех прочих и самостоятельно передает свой образ в мозг, где вся эта мозаика и складывается в нечто цельное. Поэтому чем лучше насекомое



Голова бабочки

должно ориентироваться в пространстве, тем сложнее фасеточный глаз: у **стрекозы** он состоит из 28 тысяч отдельных глазков, у **бабочки** — из 17 тысяч, у **мухи** — из 4 тысяч, а у **муравьев** их не более 400.

Истинный расцвет класса насекомых начался в меловой период (около 100 миллионов лет назад) и был теснейшим образом связан с эволюцией **цветковых растений**. Насекомые взяли на себя важнейшую роль **опылителей**, помогая растениям продолжать свой род. А растения, «осознав» всю выгоду этого, стали привлекать к себе насекомых — окраской цветов, ароматом, нектаром. Плодами такого «сотрудничества» не преминул воспользоваться человек: **медоносная пчела** добросовестно трудится, чтобы у нас на столе был ароматный сладкий мед.

МЯГКОТЕЛОСТЬ КАК ЖИЗНЕННЫЙ ПРИНЦИП

Человека называют «мягкотелым» за его мягкий характер, несклонность к конфликтам, нелюбовь к «острым углам» — почему-то это считается недостатком. Хотя как было бы здорово жить нам всем, если бы никто не наступал на ноги другим и тем более не махал кулаками по случаю и без него.

Тем более поучительно, что среди беспозвоночных есть целый тип, один из наиболее

разнообразных и занимающих одно из важнейших мест в природе, представителей которого издавна так и называют — **мягкотелые**. Впрочем, более они известны под другим, научным названием — тип **Моллюски**.

Странные животные эти моллюски. Глядя на многих из них, трудно даже предположить, что их предками были червеобразные формы с какими-то там метамерами. И что вообще они имели единых предков. Действительно, ну что может быть общего между **осьминогом** и **улиткой**? Оказывается, есть. Но для начала давайте посмотрим, есть ли среди этих мягкотелых создания, похожие на червей, чтобы убедиться в правильности выбора «точки отсчета» эволюции этого типа.

Конечно, есть — это **хитоны**, или **панцирные моллюски**. Глядя на них, можно себе представить, что происходило с червеобразным предком при его превращении в моллюска. Их тело еще состоит из отдельных **метамеров**, но брюшная сторона преобразовалась в одну широкую плоскую «**ногу**», состоящую из одной «подошвы», — она стала для этих животных основным органом передвижения. В передней части тела явственно обособилась голова с крупной глоткой, а во рту образовался особый мясистый орган — **радула**, несущий



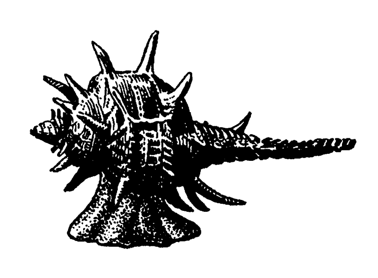
Прудовик



Устрицы

острые роговые зубчики, часто расположенные в несколько рядов: получилось нечто среднее между языком и теркой. Наконец, в качестве средства пассивной защиты животного образовалась **раковина** — особый многослойный орган, состоящий из углекислой извести и особого органического вещества **конхиолина**. Оно выделяется особыми складками тела, так называемой **мантией**, а внутри **мантийной полости** помещаются важнейшие органы этих животных.

Поразительная особенность эволюции моллюсков — их склонность утрачивать многие из тех признаков, развитие которых знаменовало прогресс у позвоночных животных, в том числе метамерное строение тела и органов. Более того, иногда «отбрасывались», оказавшись ненужными, даже некоторые «обновки» самих моллюсков, такие как раковина. Все это было связано, как легко догадаться, с особенностями образа жизни.



Брюхоногий моллюск мурекс

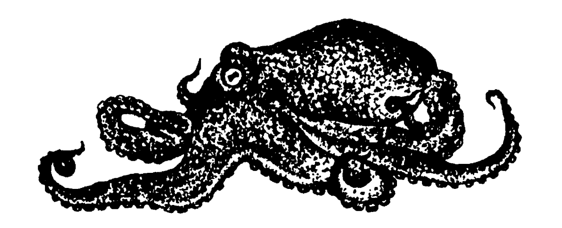
Упрощение мягкотелых организмов, как обычно, было вызвано

переходом к малоподвижному образу жизни: они прятались в свою ракушку и почти полностью изолировались от внешнего мира — так получились многие **брюхоногие** и **двустворчатые** моллюски. Если животное находило иной способ укрываться от преследования — например, уползать в щели в грунте, — оно отказывалось от раковины, в данном случае становившейся помехой, — так получились многие **слизни**. А когда раковина оказалась лишней при активном плавании, пришлось «упрятать» ее внутрь тела — такое произошло у **головоногих** моллюсков.

ВЕРШИНА БЕСПОЗВОНОЧНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Совершенно странным образом, словно чтобы специально продемонстрировать непредсказуемость эволюции, мягкотелые и малоподвижные моллюски, сидящие смирно в своих ракушках, вдруг произвели на свет очень странных животных, которые считаются «вершиной» эволюции беспозвоночных животных. Это — **головоногие моллюски.**

На первый взгляд они внешне совсем не напоминают своих «соседей» по естественной системе — улиток, ракушек, двустворок. И все-таки это моллюски: у них есть раковина — правда, обычно очень маленькая и спрятанная в глубине тела; у них есть мантийная полость —



Осьминог

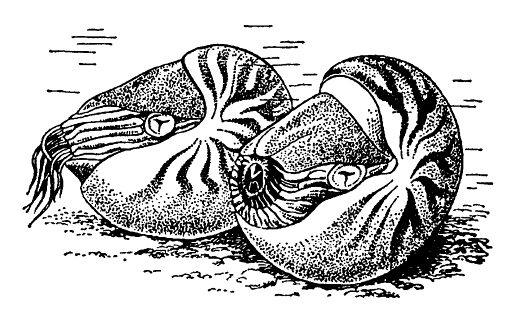
правда, используемая в качестве «реактивного движителя»; у них есть радула — правда, похожая на клюв попугая; у них есть и нога — правда, поделенная на несколько щупалец, растущих вокруг рта на голове, за это они и получили свое название.

Нервная система головоногих сложнее, чем у всех других беспозвоночных: сильно увеличенные головные ганглии сближены так, что по сути образуют общую нервную массу — чем не мозг? Да к тому же он заключен в небольшую хрящеватую капсулу — чем не череп? У них есть крупное основное сердце, состоящее из желудочка и двух предсердий, — как у амфибий и многих рептилий; а в добавок к нему есть еще пара сердец, проталкивающих кровь через жабры. К перечню необычных особенностей этих моллюсков можно добавить еще и «голубую кровь»: она голубая в прямом, а не в переносном смысле, потому что в крови головоногих кислород переносит не **гемоглобин**, а **гемоцианин**, голубой цвет которому придает входящая в его состав медь.

А еще они могут по своему хотению изменять окраску, приспосабливаясь к окружающей

обстановке, чтобы полностью скрыться от глаз врага в пестроте камней и кораллов. А еще у них есть специальные светящиеся органы-фотофоры, небольшие, но многочисленные, разбросанные по всему телу или собранные где-нибудь на голове. А еще глаза у головоногих столь совершенны, что по строению и оптическим свойствам мало чем уступают органам зрения наземных позвоночных.

Одно из самых замечательных обретений головоногих — это их щупальца. Они представляют собой разделенный на несколько фрагментов передний отдел обычной «ноги» моллюсков. У самых примитивных **наутилусов** их бывает почти под сотню, у **кальмаров** и **каракатиц** — 10, у **осьминогов** (как видно из их названия) — 8 щупалец. Мало того что они очень подвижные и гибкие, за что их нередко называют «руками», на каждом из них еще сидят многочисленные присоски, края которых нередко бывают ороговевшими, с зазубринками. Стоит осьминогу коснуться щупальцем какого-нибудь предмета, как оно тут



Наутилус

же плотно «прилипает» к тому присосками, туда же тянутся другие щупальца — и вот уже жертва, как веревками, прочно опутана со всех сторон. Щупальца-«руки» изгибаются, шевелятся, словно змеи, со страху может показаться, что их не восемь, а все восемьдесят. А у кальмаров и каракатиц одна пара щупалец превращена в ловчий инструмент — они особенно длинные, расширенные на конце, на этом расширении сосредоточены все присоски.

Еще одно замечательное «изобретение» головоногих — «реактивный движитель», состоящий из мантийной полости и **сифона**, работающего, как сопло ракеты. Через заднюю щель в мантийную полость моллюск набирает воду, а затем резко сдавливает ее и через сифон с силой выталкивает наружу. Сифон, еще одно «производное» ноги, расположен в передней части туловища и открывается в сторону щупалец. В результате вода из полости «выстреливает» вперед, а моллюск отлетает назад. Получается, что головоногие моллюски, как и раки, пятятся назад, только принцип движения у них разный.

Мягкотелые, с раковиной внутри, головоногие моллюски в процессе эволюции обрели замечательное средство самозащиты — так называемую **чернильную «бомбу»**. В минуту опасности животное выбрасывает через воронку темную маслянистую жидкость — «чернила», которая вырабатывается и хранится в особом органе — **чернильном мешке**. Если же

враг не испугался взрыва этой «бомбы», моллюск, не долго думая, сам ретируется, пользуясь чернилами как дымовой завесой.

ЗВЕЗДЫ НА ДНЕ МОРСКОМ

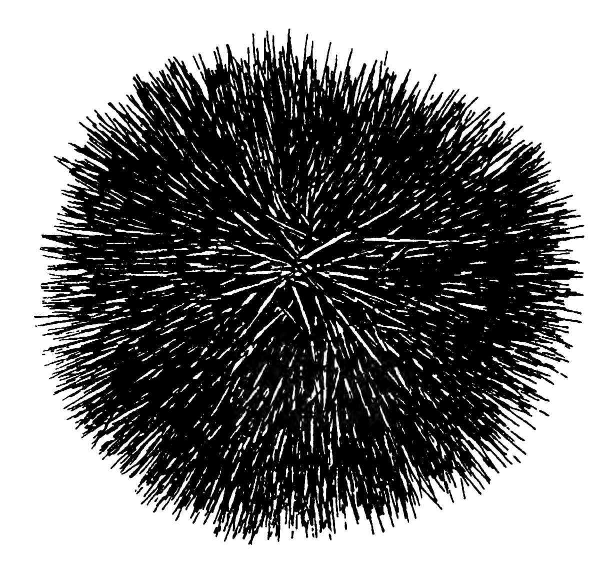
Наверное, каждый окунувшийся в теплое море где-нибудь на побережье Мальдивских островов или, на худой конец, в немного более прохладные воды Крыма, норовит вернуться домой с высушенным пятилучевым подводным чудом — **морской звездой**. А если любителю понырять не очень повезет, то слушатели будут сочувственно качать головой в ответ на рассказ о том, какие странные колючие шары — **морские ежи** — ползают по морскому дну, то и дело попадаясь под ноги. И вряд ли кто из рассказчиков или слушателей (если, конечно, среди них не окажется книгочея-натуралиста) догадается, что эти столь разные создания — представители одного типа **Иглокожие**.

Внимательные читатели уже, наверное, привыкли к тому, что в естественной системе нередко соседствуют внешне совсем разные животные. **Полипы и медузы** — это представители одного и того же типа **Кишечнополостных**, **улитки и кальмары** относятся к одному типу **Моллюсков**. В этом отношении иглокожие ничуть им не уступают: сюда относятся не только морские звезды и морские ежи, к ним нужно добавить и **морских лилий**, действительно

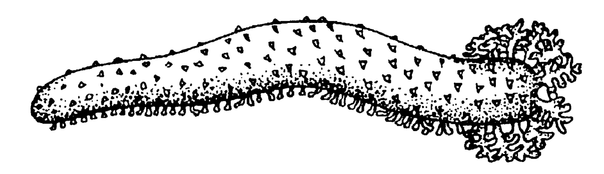
похожих на сидящие на тонком стебельке цветы, и **голотурий**, которых иногда за форму тела называют **«морскими огурцами»**. Но что же поделаешь — эволюционный процесс творит разнообразие живых существ по своим собственным законам и вовсе не сообразуясь с тем, похожими или не похожими они нам покажутся. И остается только удивляться пытливости ученых-биологов, способных отыскать под поверхностным несходством единство плана строения.

Так что же общего между морской звездой, морским ежом, морской лилией и морским огурцом, представляющими отдельные классы типа иглокожих?

Во-первых, это известковый скелет: он выглядит как наружный, но на самом деле



Морской еж



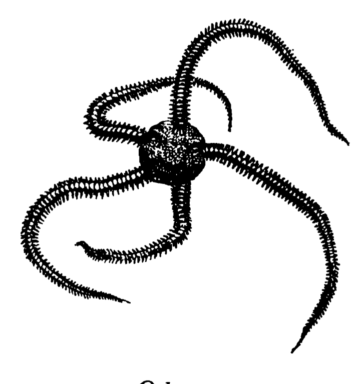
Голотурия

внутренний — закладывается в виде отдельных зернышек внутри клеток полости тела. По мере разрастания зернышки сливаются между собой, образуя разного размера и формы подвижно сочлененные пластины или даже настоящий панцирь. Поверхность пластин частенько покрыта острыми бугорками и небольшими иголочками, что и дало повод назвать этих животных «иглокожими». Особенно славится подобными «украшениями» морская звезда **акантастер**, неспроста прозванная **«терновым венцом»**: вся ее спинная поверхность — сотни очень острых сидящих на подвижных пластинках игл длиной в 2–3 сантиметра.

Еще одна особенность иглокожих, довольно странная для этих достаточно высоко развитых животных (уже имеющих дифференцированную нервную и выделительную системы), состоит в том, что они отказались от билатеральной симметрии и вновь вернулись к свойственной стоящим гораздо ниже в естественной системе кишечнополостным радиальной симметрии. Впрочем, у иглокожих она более «правильная»: число осей симметрии всегда равно или кратно пяти. В типичном плане строения центральная часть тела представляет

собой нечто вроде шарика или округлой коробочки, от него расходятся в разные стороны «лучи», которые иногда называют «руками». Соответственно все внутренние системы органов подчинены этому плану: скажем, в кровеносной или нервной системе есть центральное кольцо вокруг ротового отверстия, от него в «лучи» проникают ответвления.

С этой точки зрения, морские звезды — наиболее характерные представители типа иглокожих. Морские ежи на них совсем не похожи, но это из-за того, что на самых ранних этапах их истории случилось так, что «лучи» как бы загнулись на спину и срослись с центральной «коробочкой» — вот и получился шар. Нечто среднее между звездами и ежами (если вообще между столь разными существами может быть «среднее») являют собой **офиуры**: представьте себе ежиную «коробочку», из боков которой в разные стороны торчат «лучи» — тонкие и длинные, очень гибкие (за что офиур еще называют **змеехвостками**), иногда ветвящиеся. Кстати, «ходят» они, используя не только амбулакральные ножки, но и с помощью этих лучей, волнообразно изгибая их и приподнимая тело над субстратом. Только у **голотурий**

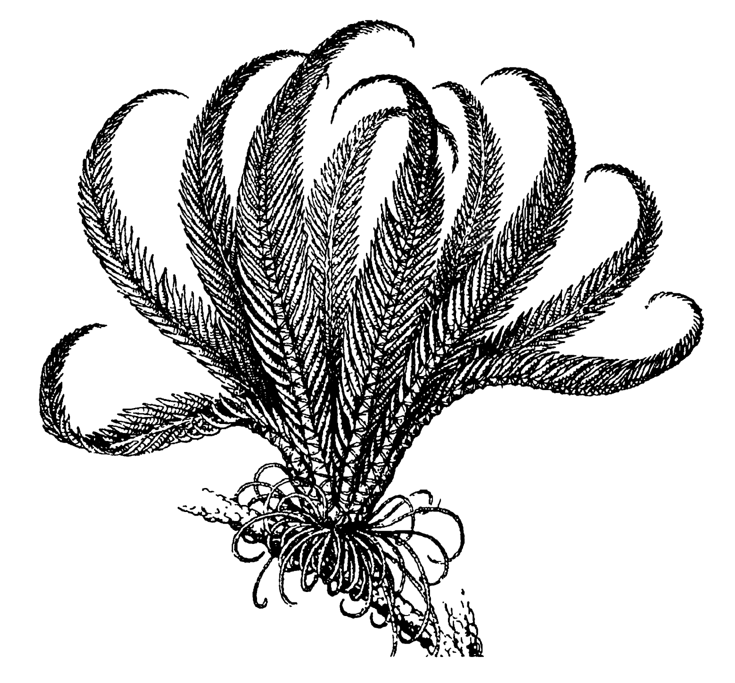


Офиура

нет никаких наружных признаков «пятилучевого» плана строения, но внутреннее строение «морских огурцов» полностью ему подчинено: по-видимому, их облик лежащего на боку бочонка — явление вторичное.

Все иглокожие — исключительно морские животные, в пресной воде их не встретишь. Они очень древние: их расцвет приходится на **девонский период**, в то время разнообразие представителей этого типа было в несколько раз больше современного. Судя по характеру развития личинок иглокожих, на ранних стадиях очень похожих на личинок **аннелид** и наиболее примитивных **членистоногих**, их предки были «нормальными» двусторонне симметричными животными. Необычный же тип строения тела у взрослых особей, по всей очевидности, связан с малоподвижным образом жизни.

Особенно в нем преуспели **морские лилии**: очень яркие, с колышущимися вместе с движениями воды лучами-лепестками, настоящее украшение подводных «садов», они обычно ведут сидячий образ жизни. Сходство с чудесными цветами усиливается тем, что у этих подводных созданий тело иногда сидит на тонком, иногда довольно длинном стебле. Примечательно, что рот у этих животных-«цветов», в отличие от других иглокожих, всегда обращен вверх: если лилию-**коматулиду** положить на грунт ртом вниз, как морскую звезду, она тут же (хоть и не очень быстро) перевернется и примет привычное для нее положение.



Морская лилия

А вот среди морских звезд немало настоящих хищников. Конечно, добыча их чаще всего невелика и не слишком подвижна — небольшие моллюски, некоторые полипы, сидячие черви и рачки, голотурии, губки, морские ежи и тому подобное. Уже упоминавшийся **терновый венец** может нанести значительный урон колониям кораллов, выедая всех полипов на своем пути. **Пикнопидия** с тихоокеанского побережья Северной Америки, достигающая 80 сантиметров в диаметре, способна поймать и съесть даже зазевавшуюся рыбешку или не успевшего удрать рака-отшельника.

РОТ РТУ — РОЗНЬ

В истории **беспозвоночных** животных однажды произошло довольно странное и мало объяснимое, но весьма знаменательное событие. У кого-то из архаичных червей личинка вдруг «решила» перестроить свой кишечный тракт «с точностью до наоборот». В итоге получилось, что там, где у «нормальных» животных был рот, унаследованный еще от **кишечнополостных**, у этого «революционера» получился задний проход. А ротовое отверстие соответственно образовалось на противоположном конце тела.

По правде сказать, ученые так и не смогли пока объяснить, какие выгоды в результате такой перестройки получила личинка-«первооткрыватель», но эволюционные последствия этого события оказались чрезвычайными. Ведь оно привело к появлению на эволюционном древе животного царства очень мощной ветви, объединяющей многие типы, в том числе уже известных вам **иглокожих**, а также тип **Хордовые** (к которому относятся все **позвоночные** и, следовательно, человек).

Как бы там ни было, разделение по этому признаку обозначило на эволюционном древе царства животных два основных ствола. Животных, у которых сохранился «нормальный» рот, назвали **первичноротыми** — это **аннелиды** и их ближайшие червеобразные «соседи» по естественной системе, а также **членистоногие**,

моллюски. А животных с «ртом наоборот» назвали **вторичноротыми.** Так что, как видите, рот, скажем, у насекомых и у нас с вами — совершенно разные по своему происхождению (то есть, как говорят ученые, **аналогичные**) образования: с точки зрения насекомых мы едим, извините, совсем не тем местом.

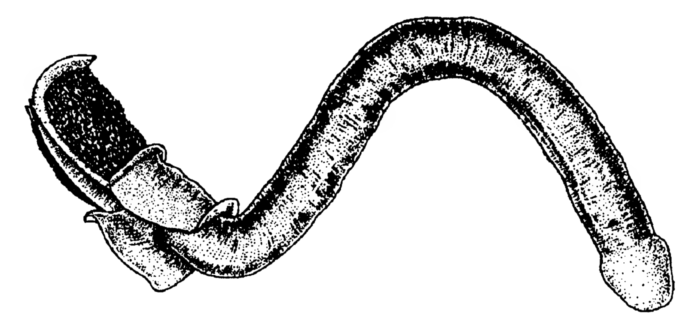
Еще одно важное отличие между первично- и вторичноротыми животными состоит в том, что у первых наиболее важные нервные стволы и кровеносные сосуды идут вдоль брюшной стороны тела, а у вторых — вдоль спинной. Получается, что и здесь все наоборот. Вы не представляете, сколько горячих научных дебатов вызвала эта отличительная особенность вторичноротых: специалисты пытались каким-то образом объяснить, когда и как произошли эволюционные перестройки, функциональный смысл коих они не понимали.

Примитивные вторичноротые животные, как и первичноротые, внешне были «червями»: наверное, вся живность, достигшая некоего уровня эволюционного развития, была червеобразной. Но вы-то уже знаете, что внешний вид очень обманчив, что самое главное кроется внутри тела. Так вот, оказывается, что внутри себя вторичноротые «черви» столь различны, что их делят на три-четыре типа. Причем некоторые из этих типов ученые научились различать совсем недавно. Они не очень обильны по числу видов, им отведена более чем скромная роль на арене жизни, но не

рассказать о них нельзя — в этих созданиях природа порой демонстрирует свою удивительную изобретательность.

Погонофоры, которых выделили в самостоятельный тип лишь в середине XX столетия, — одни из самых необычных животных. Они обитают на больших глубинах, причем многие — в зоне подводных вулканов (так называемых «**подводных курильщиков**»), где вода богата выделяющимся из-под земли сероводородом. Всю жизнь эти небольшие (максимум в несколько десятков сантиметров) и очень тонкие (обычно не более 1–2 миллиметров) животные проводят в вырытых ими самими норках-трубках и почти не способны передвигаться.

Поразительно в них то, что у погонофор вообще нет пищеварительной системы — ни рта, ни кишечника, ни ануса! Долгое время это было загадкой: как же и чем они питаются. Разгадка оказалась неожиданной и, пожалуй, еще более поразительной. Выяснилось, что тело погонофор битком набито бактериями, по



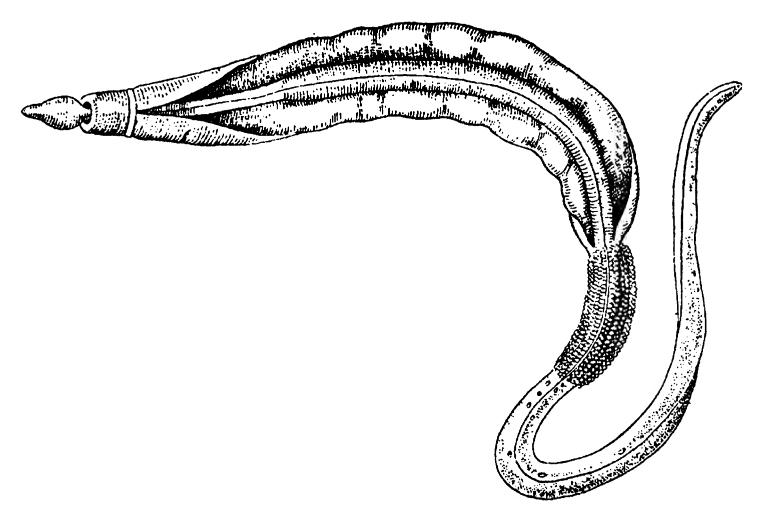
Погонофора

способу питания не отличающихся от тех, которые возникли на самой заре эволюции жизни на Земле, когда еще не было кислорода. Они получают энергию за счет сероводорода, в избытке поступающего в воду из «подводных курильщиков» и поглощаемого стенками тела погонофоры. Богатых энергией органических веществ хватает и самим бактериям, и их «хозяину». Вот и получается, что мир, к которому принадлежат эти странные существа, — без преувеличения «иная жизнь», поскольку существует за счет не фотосинтеза, как подавляющая часть современной биоты, а хемосинтеза.

В отличие от погонофор, представители типа **Щетинкочелюстные** — весьма активные пловцы. Небольшие, от 0,5 до 10 сантиметров длиной, тонкие, с расширенной хвостовой лопастью, почти прозрачные, за своеобразный способ передвижения они названы «**морскими стрелками**». Резким взмахом лопасти они бросают свое вытянутое тело на несколько десятков сантиметров — действительно будто летит стрела, выпущенная из лука. Когда такая стрелка мелькнет перед стеклом маски подводного пловца, только по завихрениям воды, коснувшимся лица, и можно догадаться, что это было какое-то стремительно движущееся животное-невидимка.

Тип **Полухордовые** объединяет животных, которые по одним признакам наиболее близки к **хордовым**, в чем и удостоверяет их название, а по другим существенно уклоняются от них. Важным эволюционным новшеством, которое

появилось в этом типе, а затем было унаследовано и хордовыми, является строение органов дыхания. У полухордовых это **жаберные щели**, которые прободают передний отдел кишечника и сообщают его полость с внешней средой: именно так устроены жабры у их отдаленных потомков — **рыб**. Поэтому один из классов полухордовых и называется **Кишечнодышащие**. Они в большинстве своем придонные животные, копающиеся в мягком прибрежном иле. Подобно дождевому червю, **баляноглосс** постоянно пропускает через свой кишечник массу грунта, чтобы извлечь из него необходимые органические вещества. При малейшем сотрясении воды полухордовые «черваки» молниеносно прячутся в свои норки, чтобы не попасть на обед хищной рыбе.

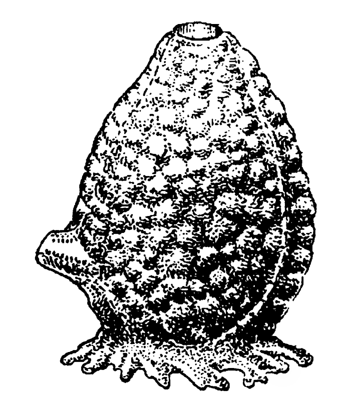


Баляноглосс

Самые примитивные представители типа **Хордовые** тоже, скорее всего, были когда-то червеобразными. Их основной отличительной особенностью, предопределившей возможности дальнейшей прогрессивной эволюции, стало образование особого внутреннего скелета — **хорды**, или **спинной струны.** Она была построена из хрящеобразного гомогенного вещества и проходила вдоль всего тела над кишечником. Но очень быстро эволюционные пути разных хордовых разошлись. У активно живущих **позвоночных** хорда оказалась замещенной позвоночником из хрящевой, а затем и костной ткани: их телу нужна была особо прочная опора. А **оболочники** перешли к малоподвижному или даже сидячему образу жизни и на своих славных родичей стали совсем непохожи. Только по строению личинок и удается определить их истинное положение в естественной системе животных. За что этих архаичных хордовых так и называют: **личинкохордовые.**

Например, **асцидию,** относящуюся как раз к оболочникам, долгое время вообще относили к так называемым «**зоофитам**», то есть «животным-растениям», наряду с **полипами** и **губками.** Да и не мудрено: это небольшое (не более полуметра длиной) донное животное больше всего похоже на продолговатый раздутый мешок, приросший к какому-либо твердому предмету и сообщающийся с внешним миром через два отверстия-**сифона**, ротовой и анальный. Ее личинка первые дни своего существования

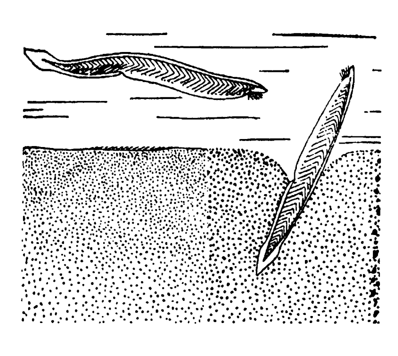
плавает в толще воды, похожая на крошечного малька какой-нибудь рыбки. Затем она находит подходящее место для постоянного проживания, прикрепляется к субстрату передней частью тела и довольно быстро начинает превращаться в «кубышку». Иногда соседние животные объединяются под одной «крышей»-оболочкой, тогда получается колония, мало чем отличимая от колоний губок. Сходство еще более усиливается тем, что асцидии сохраняют способность к бесполому размножению почкованием.



Асцидия

Впрочем, асцидия — крайний вариант уклонения от магистрального пути. Другие оболочники живут в толще воды и более активны, хотя, конечно, не в такой мере, как позвоночные.

Среди этих животных есть небольшое, похожее на маленькую рыбку морское существо, которое действительно занимает промежуточное положение между беспозвоночными и позвоночными. Имя этому созданию, волею эволюционных судеб не вымершему и благодаря этому давшему в руки ученым настоящий живой «архетип» начальной истории позвоночных, — **ланцетник**. Признаки, важнейшие для позвоночных, — полностью развитая



Ланцетник

хорда, лежащая над ней **нервная трубка** и под ней **брюшная артерия** (правда, пока еще без мускулистого расширения — сердца), многочисленные **жаберные щели** (у ланцетника их свыше 100), метамерное строение мускулатуры и так далее. Все это есть не только у личинки, но и у взрослого ланцетника. Но зато у него совершенно нет окостенений, в том числе и в голове, за что название веточки эволюционного древа, которая «проросла» к ланцетнику, — **бесчерепные**. Нет у него конечностей, чешуйчатого покрова, много чего нет — так ведь на то он и не позвоночное...

Живут ланцетники на мелководье, большую часть времени проводят, почти целиком зарывшись в рыхлый песок или ил, так что наружу торчит только одна голова. Если его потревожить, он быстрыми движениями всего туловища переплывает на новое место и вновь зарывается в грунт хвостом вниз. Питаются эти «рыбки» мелкими планктонными организмами — инфузориями, одноклеточными водорослями, рачками, загоняя их в рот движениями околоротовых ресничек и выпуская заглоченную воду наружу через жаберные щели.

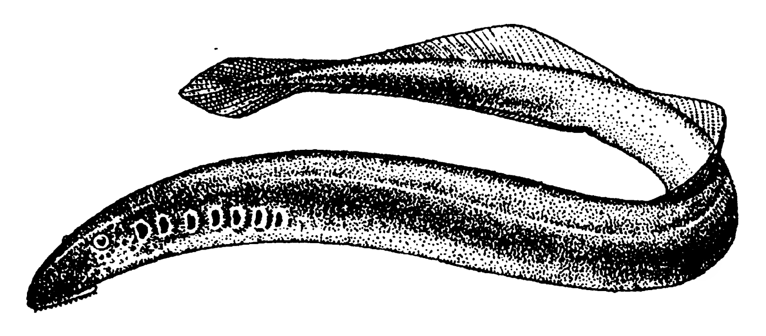
ВЛАСТЕЛИНЫ МОРЕЙ

Первые **рыбы**, появившиеся в конце кембрийского периода, то есть около 500 миллионов лет тому назад, пошли по пути первых **членистоногих** — обзавелись скелетом, причем не только наружным панцирем, но и внутренним **позвоночником**. За это рыб и всех их разнообразных потомков — **амфибий, рептилий, птиц, зверей** — называют **позвоночными** животными. Все тело у них покрылось чешуей, а его переднюю часть одело что-то вроде монолитного щита: у древних рыб **остеостраков** он был почти такой же, как у **трилобитов**. Ведь они были небольшие, не более полуметра, а в древних морях плавали такие грозные хищники, как двухметровые **ракоскорпионы**. Самое примечательное, что материал, из которого были «скованы» эти доспехи, поразительным образом был похож на тот, из которого сделаны зубы: дентин, покрытый прочным эмалевым слоем. Вот откуда, оказывается, в конце концов получились наши зубы!

По способу питания эти архаичные рыбообразные существа, наверное, походили на ланцетника: челюстей у них не было (за что всех их объединяют под общим названием **бесчелюстные** и выделяют, кстати, в отдельный класс), они плавали над самым дном и втягивали в открытый рот всякую взвешенную в воде съедобную мелочь. В свое время достаточно разнообразные, они почти целиком вымерли к

концу девонского периода. До настоящего времени дожили только два представителя этой древнейшей группы — **минога и миксина.** Они небольшие, червеобразные, за форму бесчелюстного рта их совершенно справедливо называют **круглоротыми.** Эти рыбообразные создания отнюдь не довольствуются планктоном: они охотятся на рыб, буквально вгрызаются в тело жертвы и медленно заживо выедают ее внутренности. Личинки **ручьевой миноги** живут, зарывшись почти целиком в песок где-нибудь на мелководье, за это в народе их называют **пескоройками.**

Но вернемся в древние моря. Около 450 миллионов лет назад в истории примитивнейших рыб (а стало быть, и всех их потомков — позвоночных) произошло крайне важное событие: у них появились **челюсти.** Как вы помните, в эволюции новые органы чаще всего получаются путем изменения каких-то уже существующих. У **членистоногих** ротовой аппарат (те же в сущности челюсти), как вы уже



Минога

знаете, образовался из передних ног. А что же позвоночные? У них приспособления для схватывания добычи образовались... из жаберных дуг. Это сразу же дало **челюстноротым** рыбам колоссальные преимущества по сравнению с их бесчелюстными предками и круглоротыми и как минимум сравняло с жившими по соседству хищными членистоногими, которые научились работать своими ногами-челюстями задолго до рыб.

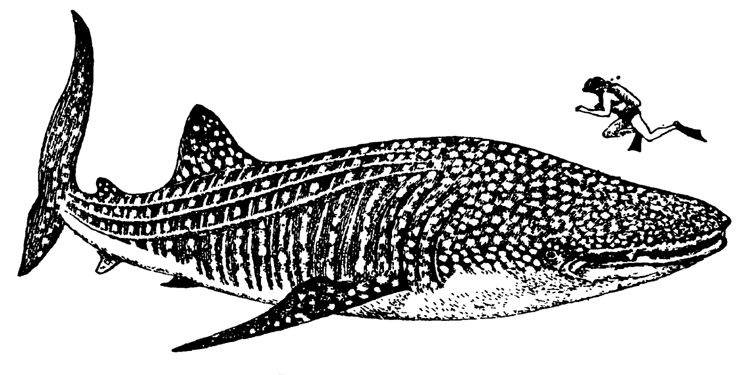
Вторым важным событием — не столько, наверное, для самих древних рыб, сколько для их отдаленных потомков — стало появление так называемых **парных конечностей** — грудных и брюшных **плавников.** Они поначалу были неподвижны и представляли собой просто боковые складки тела, их основным назначением была роль стабилизаторов и рулей глубины. И это, конечно, тоже давало свои преимущества их обладателям: они стали более ловкими, маневренными пловцами. Но главное произошло много позже: именно плавники превратились в ноги, когда предки наземных позвоночных стали активно осваивать сушу.

Обретение хватательно-рвательных челюстей и плавников послужило мощным стимулом к превращению рыб в настоящих хищников. Так что нет ничего удивительного, что одними из самых первых челюстноротых стали **акулы.** Стремительные, агрессивные, вооруженные острейшими треугольными зубами, они и по сей день по кровожадности почти не

имеют себе равных в морях и океанах. Особенно «славится» **белая акула**, достигающая длины 9 метров и способная повергнуть в ужас любого пловца, своими движениями привлекшего внимание рыбы-убийцы. Ненамного меньше **рыба-молот** со странными боковыми выростами на голове, на кончиках которых сидят глаза. Что ж, остается только порадоваться тому, что до наших времен не дожила акула **арандапсис**: у той пасть была вооружена зубами длиной до 15 сантиметров, так что само это чудовище, наверное, от кончика морды до кончика хвоста было не менее 20 метров.

Из современных представителей отряда почти столь же огромна, пожалуй, только **китовая акула**, достигающая 15 метров длины, но она совершенно мирное создание, питающееся исключительно планктоном.

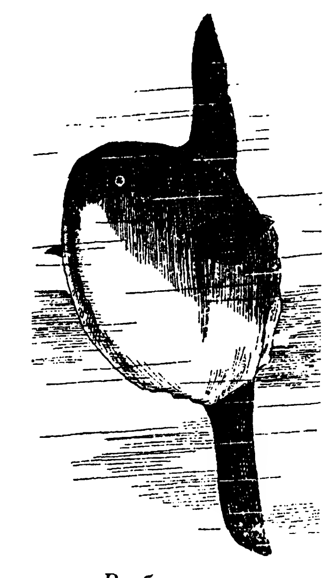
У акул и скатов еще нет настоящих костей: весь скелет состоит у них из **хряща**, поэтому их называют **хрящевыми рыбами**. Судя по тому,



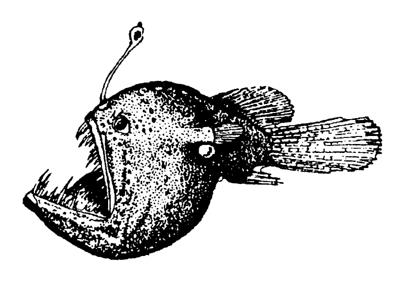
Китовая акула

насколько хорошо они себя чувствуют и вовсе не собираются вымирать, им отсутствие костей никогда не мешало. И все же именно **костистым рыбам** принадлежит водная стихия: 400 миллионов лет тому назад, в самом конце силурского периода, они «изобрели» настоящий **костный скелет** взамен хрящевому. Конечно, это произошло не сразу — и до сих пор на Земле обитают рыбы, у которых еще не сформировались костные позвонки, так что почти весь позвоночник хрящевой. Это так называемые **ганоидные рыбы.** Их былое разнообразие сегодня сведено к минимуму: к ним относятся **осетровые** и некоторые другие.

А вот настоящие **костистые рыбы** претерпели воистину «взрывную» эволюцию, настолько быстро они распространились во всех водных бассейнах, как морских, так и пресноводных, настолько стали разнообразными. Их приспособления к водной среде в общем-то однотипны, зато велико разнообразие формы тела в зависимости от образа жизни. У активных охотников, таких как **тунец, меч-рыба, барракуда,** тело торпедообразное, плавники маленькие — основным



Рыба-луна

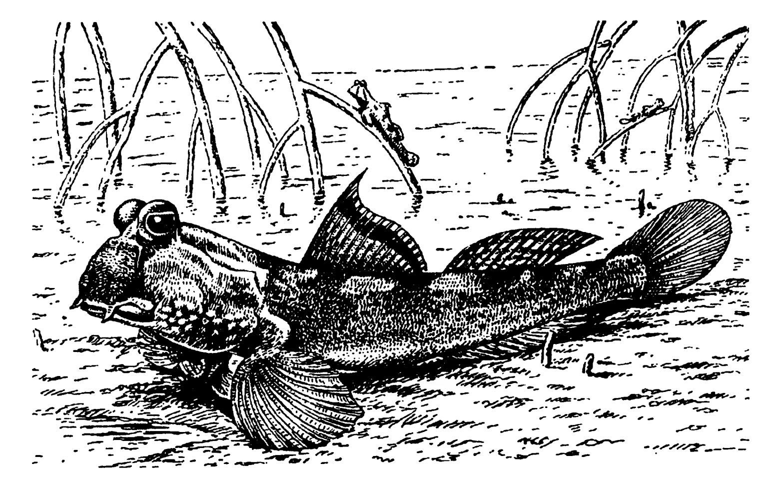


Меланоцет

движителем является хвост. Медленно плавающая **луна-рыба** уплощена с боков, а поджидающий добычу на дне **морской черт** — со спины. **Морской конек-тряпичник** отрастил очень длинные сложной формы плавники, а **рыба-игла** предпочла стать длинной и тонкой — все это в подражание разным водорослям. Немало рыб — среди них **угорь**, — у которых змеевидно вытянутое тело с крохотной головкой. А глубоководная рыба **меланоцет**, наоборот, наполовину состоит изо рта, огромного, с длинными зубами, чтобы не упустить редкую добычу.

Несмотря на приспособленность к обитанию в водной среде, среди рыб неоднократно находились смельчаки-первопроходцы, которые пытали свое счастье на суше. В мангровых зарослях побережий Юго-Восточной Азии живет небольшая рыбка **илистый прыгун**, которая запросто шлепает по полужидкой грязи, чтобы перебраться в другую лужу, и иногда даже забирается на невысокую корягу, чтобы там передохнуть. Но он все-таки дышит жабрами. А у некоторых рыб появились специальные приспособления, чтобы дышать атмосферным воздухом.

Больше всех в этом преуспели, пожалуй, **двоякодышащие** рыбы, названные так за то,



Илистый прыгун

что у них, кроме жабр, имеется особый мешкообразный вырост глотки — полный аналог **легкого** у наземных позвоночных. Их всего три рода, каждый распространен на отдельном материке — Африке, Австралии и Южной Америке. Эти древние рыбы, еще сохранившие многие элементы хрящевого скелета, благодаря «легким» получили возможность долгое время находиться вне воды. **Протоптерус**, например, делает свои гнезда в прибрежных мелководьях африканских озер и при их обмелении, что случается нередко жарким летом, добирается до убежища с икринками по суше, ползя по-змеиному.

Но особую роль в освоении позвоночными суши сыграли все-таки не двоякодышащие (хотя некоторые ученые с этим не согласны), а **кистеперые рыбы.** Они названы так за особое

строение мясистых плавников, внутреннее устройство которых удивительно напоминает кисть наземного позвоночного. Среди них были обитатели прибрежных мелководий, которые пользовались плавниками не только при плавании, но и при передвижении по твердому субстрату — заиленным берегам мелких водоемов и морских побережий, богатым всякой беспозвоночной живностью. Вода в таких местах бедна кислородом, так что наличие легких давало их обладателям известные преимущества перед «типичными» рыбами. А некоторые из них, как и протоптерус, могли переползать из водоема в водоем, дыша зачаточными легкими. К ним относится дожившая до сегодняших дней знаменитая **латимерия** — настоящее «живое ископаемое».

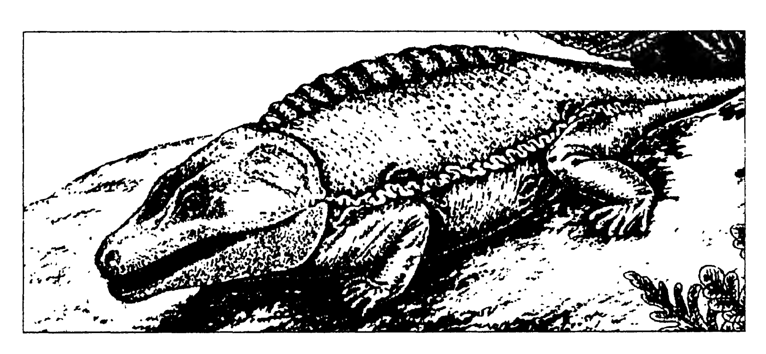
МЕЖДУ ВОДОЮ И ЗЕМЛЕЙ

Движение позвоночных из водной среды обитания на сушу началось еще в палеозойскую эру, точнее — в конце девонского периода. К этому времени, а именно около 350 миллионов лет назад, древние папоротникообразные растения уже завоевали сушу, в массе появились и почвенные членистоногие. Значит, должен был появиться кто-то, кто стал бы потреблять этот еще никем не освоенный богатейший пищевой ресурс. Первыми эту роль взяли на себя **земноводные** — класс позвоночных

животных, произошедших от древних кистеперых рыб и вышедших из воды на твердь земную.

Внешний вид современных земноводных — **тритонов, саламандр, лягушек** — дает совершенно неверное впечатление об их (да и всех прочих наземных позвоночных) древних предках. Те были тяжеловесными неуклюжими животными длиной около метра, с большой головой (в основном благодаря вместительной пасти), одетой в костный панцирь. Обратите внимание: эти «пионеры» суши были уже заметно крупнее сухопутных членистоногих — **паукообразных, насекомых.** Причина заключается именно в их внутреннем костном скелете, который дал гораздо более прочную опору мышцам, нежели наружный панцирь членистоногих. Так что ноги **лабиринтодонта**, хоть и короткие, все-таки позволяли ему не только ползать, волоча брюхо по грязи, но и ходить, и даже, возможно, бегать.

О том, как они дышали, можно судить, глядя на **лягушку**: эту-то особенность древних



Лабиринтодонт

амфибий она унаследовала почти без изменений. Когда лягушка сидит, у нее все время то вздувается, то опадает горло — это дыхательные движения. Дело в том, что у земноводных еще нет диафрагмы, да и ребра слабоваты, так что им приходится нагнетать воздух в легкие горлом, а не грудной клеткой.

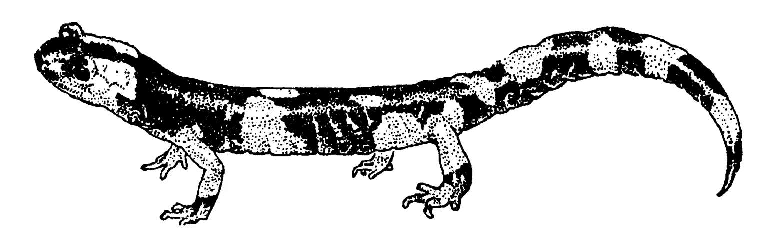
Земноводными эти животные называются по той причине, что они еще не полностью порвали с водной средой: именно там они приносят потомство. По весне, как только начинает по-настоящему пригревать солнышко, в водоемах появляются **жабы**; когда они «отнерестятся» и уберутся обратно на сушу, где проведут все лето, приходит очередь **лягушек и тритонов**. Если хотите увидеть маленькое «чудо», присмотритесь внимательно к «токующим» **остромордым лягушкам**: их самцы на брачный период становятся... голубоватого цвета. Наконец, когда станет совсем тепло, придет черед **прудовых лягушек** — именно они всю первую половину лета закатывают громогласные концерты, оглашая окрестности своим жизнерадостным кваканьем (кстати, при известном навыке всех живущих в средней полосе лягушек можно довольно легко различать по голосам). А белого цвета пузыри, что надуваются по бокам головы, — это **резонаторы**, чтобы голос был погромче и разносился подальше.

В воду земноводные откладывают икру, из которой через неделю вылупляются личинки. Они похожи на крошечных рыбьих мальков; у

лягушек их называют **головастиками** за то, что вздутое тельце действительно напоминает голову. Сначала у них есть наружные жабры, но нет ног; потом появляются ноги — сначала задние, потом и передние, а жабры исчезают: происходит **метаморфоз**. И вот это уже лягушонок. Сотнями, даже тысячами они выбираются из озера или речки на берег, чтобы приступить к «взрослой» жизни.

Но и в этой взрослой жизни земноводные не утрачивают связи с водой: в дополнение к легким, они еще дышат всей кожей. А для этого кожа должна быть влажной — таков уж принцип работы гемоглобина, переносящего с током крови кислород ко всем тканям и клеткам (кстати, нашим легким пересыхание тоже противопоказано, так что мы в каком-то смысле «дышим в воде», хоть и воздухом). Поэтому земноводные держатся вблизи водоемов или хотя бы во влажных местах и активнее всего в темное время суток, когда нет жарящих лучей солнца.

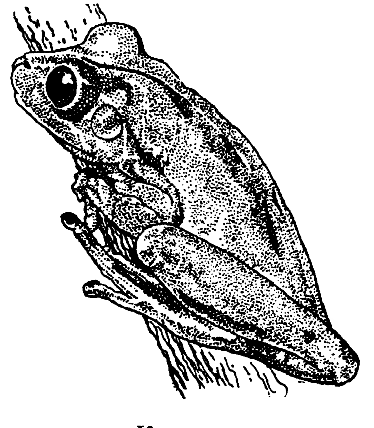
Связь с влажными местообитаниями особенно тесна у некоторых **хвостатых амфибий**. Например, у некоторых постоянно живущих в воде **безлегочных саламандр** «кожное дыхание» настолько сильно развито, что они и вовсе утратили легкие за ненадобностью. А другие «отказались» от выхода на сушу и всю жизнь проводят в воде в личиночной форме: живущий в аквариумах **аксолотль** в действительности просто дышащая



Саламандра

перистыми жабрами личинка **амбистомы**, взрослые особи которой похожи на **тритона**. А вот обитающие в тропиках **червяги**, напротив, отказались от водной среды: они зарылись во влажную почву и стали действительно похожи на червей — безногие, с кольцеобразными перехватами по всему телу. Интересно, что им почвенной влаги хватает, чтобы тут же откладывать яйца и выращивать потомство.

Бесхвостые амфибии — уже упоминавшиеся лягушки, жабы и некоторые другие — знамениты не только своими выдающимися голосовыми данными, но и способом передвижения. У них очень сильные задние лапы, одновременно толкаясь ими, квакушка может улететь на порядочное расстояние: **лягушка-голиаф**, названная так за свои крупные размеры (около



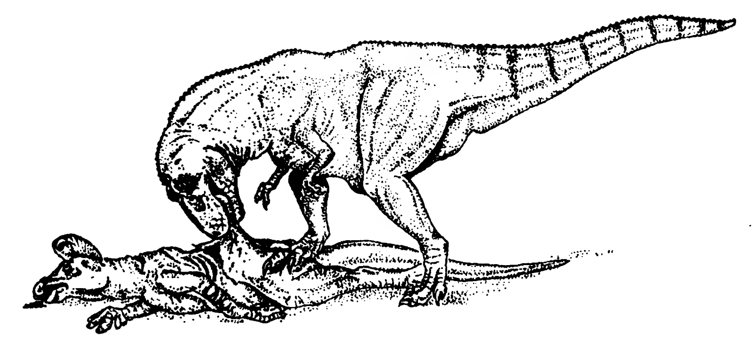
Квакша

30 сантиметров), прыгает в длину на 3 метра. Правда, у жаб лапы довольно короткие, поэтому они предпочитают передвигаться «пешком». Древесные же лягушки-**квакши** прыгают по веткам так же легко, как «обыкновенные» лягушки — по земле. А чтобы не соскользнуть с гладкого листа и не упасть вниз, у них на кончиках пальцев есть специальные диски-присоски. Эти небольшие, но звонкоголосые создания настолько освоили древесный образ жизни, что некоторые в дождевых тропических лесах даже размножаются в верхнем ярусе: откладывают икринки в углубления стволов, где скопилась вода.

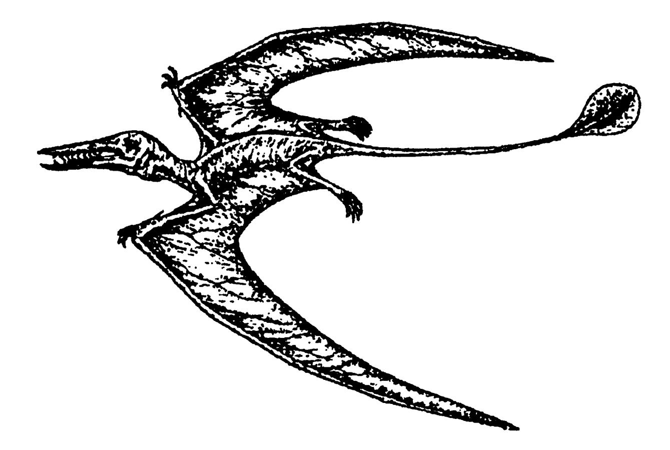
ВЛАДЫКИ МЕЗОЗОЙСКОЙ СУШИ

Хотя амфибии, как и «полагается» группе, начавшей осваивать новую среду обитания, и выдали довольно широкий спектр частных приспособлений, никогда особенно разнообразными и многочисленными не были. Собственно говоря, их расцвет, не очень пышный, ограничился каменноугольным периодом и захватил начало пермского. А затем им на смену пришли **рептилии**, которые на долгое время — на весь мезозой, длившийся около 180 миллионов лет, — стали истинными владыками Земли. Именно они окончательно оторвались от «колыбели» всего живого — от воды, став действительно наземными позвоночными животными. Что же позволило им это сделать?

Нетрудно догадаться, что древнейшие рептилии вынуждены были решать те же задачи, что и «первопроходцы» суши среди беспозвоночных — **хелицеровые**. Посмотрите на самую обыкновенную **ящерицу** и сравните ее с не менее обыкновенным **тритоном**: разница, хоть и поверхностная, будет разительной. Во-первых, у рептилий уплотнены покровы: вместо тонкой склизкой кожи появилась плотная чешуя из рогового вещества. Поскольку кожа перестала функционировать как дополнительный орган дыхания, активизировалась деятельность грудного «насоса» для легких: когда ящерица дышит, у нее двигаются ребра, а не горло. Далее — это уже трудно увидеть снаружи — укрепился весь скелет: появился настоящий позвоночник из отдельных позвонков, некоторые кости конечностей стали трубчатыми, что придало им особую прочность и позволило многократно наращивать массу тела без риска сломать их. Само собой разумеется, появилось обязательное внутреннее опло-



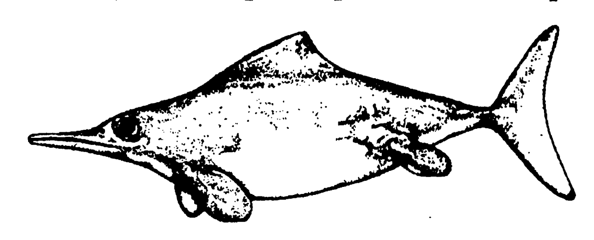
Тираннозавр



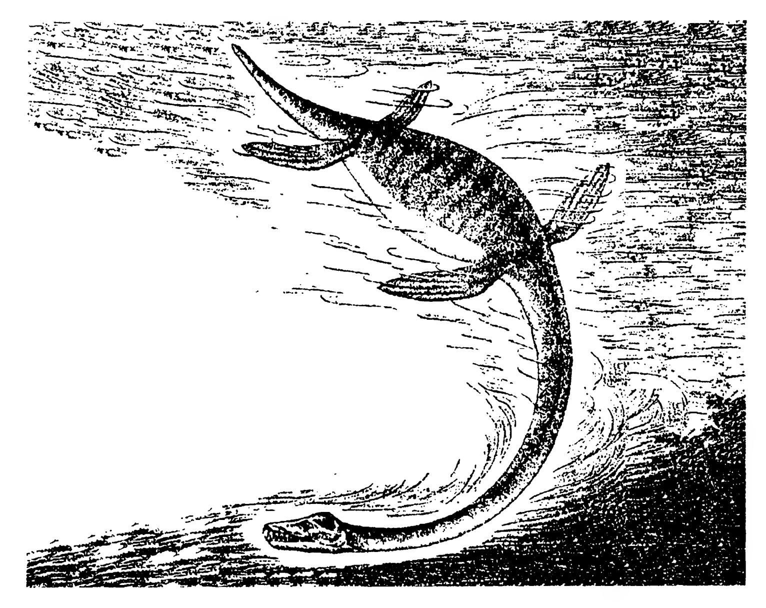
Рамфоринх

дотворение, уплотнилась оболочка **яиц** — они перестали быть икринками, высыхающими вне воды, покрылись **скорлупой.** В связи с эти произошла очень важная перестройка внутреннего устройства яйца: в нем появился особый мешок — **амнион**, в котором стали накапливаться продукты жизнедеятельности эмбриона, до этого выводимые из икринки через тонкую оболочку прямо в воду.

Наиболее многочисленными среди древних рептилий в то время были **архозавры** — мелкие, среднего размера, а то и огромные,



Ихтиозавр



Плезиозавр

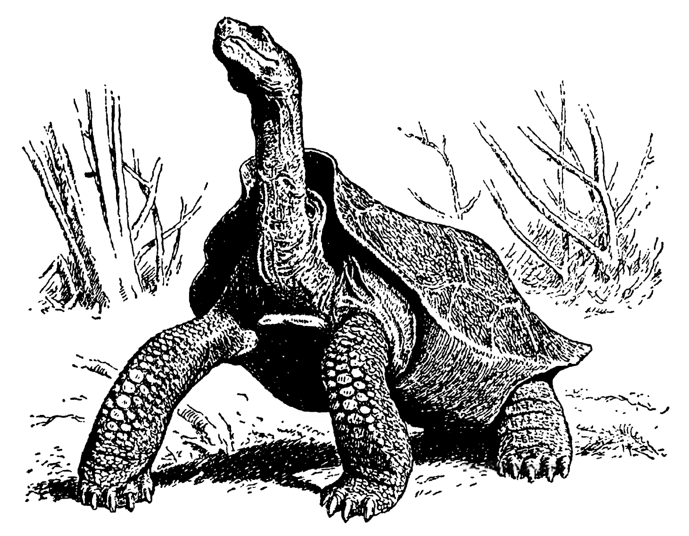
именно их изображения мы чаще всего видим на картинках. А среди архозавров наиболее известны **динозавры**, очень разнообразные по образу жизни, адаптациям, строению.

Однако это огромное разнообразие динозавров сгинуло на границе мезозоя и кайнозоя, освободив место на Земле для млекопитающих. Это было одно из самых загадочных в истории Земли массовых вымираний, за несколько миллионов лет уничтожившее владык суши, моря и воздуха. Впрочем, это не совсем так: дело в том, что на эволюционном древе архозавров сохранились две ветки, вполне процветающие в современном мире. Одна из них ведет к **крокодилам** — огромным полуводным

рептилиям; другая же — это... **птицы**. Да-да, в это трудно, наверное, поверить, но крокодилы и птицы — ближайшие (хотя, конечно, и не очень близкие) родственники среди наземных позвоночных.

РОЖДЕННЫЕ ПОЛЗАТЬ

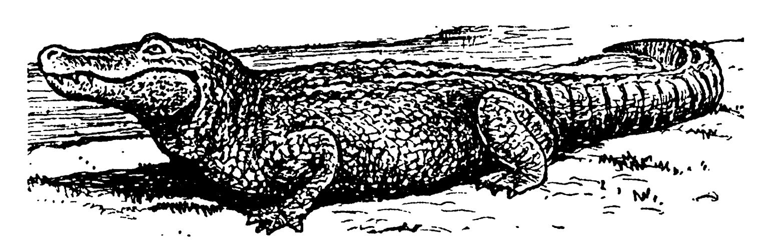
Конечно, по разнообразию и роли в природных сообществах современные рептилии ни в какое сравнение не идут с вымершими родичами, «царившими» на суше почти 300 миллионов лет. Однако это не мешает многим из ныне живущих пресмыкающихся быть нашими хорошими знакомыми, хотя многие из них вызывают у большинства людей чувство неприязни.



Слоновая черепаха

На самых ранних этапах эволюции рептилий от основного ствола обособилась ветвь **черепах.** Так что когда вы видите перед собой этих медлительных созданий, закованных в костный панцирь-**карапакс**, задумчиво смотрящих куда-то вдаль чуть слезящимися глазами, знайте — перед вами «осколок» одного из древнейших этапов истории класса. Такими они были 200 миллионов лет тому назад, такими остались и поныне — еще одни «живые ископаемые».

Хищные **крокодилы**, вопреки всей логике эволюции, выжили во время «мелового кризиса». Глядя, как десятки этих огромных, до 10 метров длиной, рептилий лежат на отмели где-нибудь в излучине реки, раскрыв пасти и поблескивая ребристыми спинами на солнце, так и представляешь себе, что точно так же они лежали и многие миллионы лет назад. И что в них было такого, что дало им преимущество перед более совершенными охотниками — бегающими **динозаврами**? Может быть, этих пресмыкающихся спасла их всеядность: пока более специализированные хищники рыскали в поисках своей излюбленной добычи, становившейся все

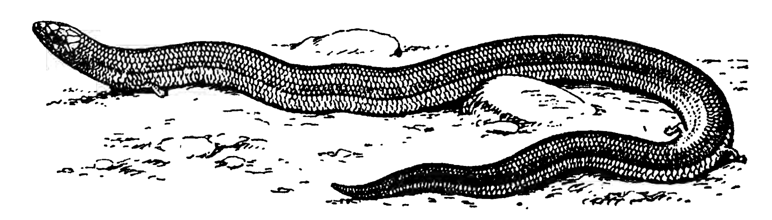


Крокодил

более редкой, крокодилы жадно пожирали все подряд, что мог бы усвоить их организм.

Насколько крокодилы кровожадны в отношении своей добычи, настолько же они — заботливые и нежные родители. Самка **аллигатора**, закопав снесенные яйца в собранную кучей траву (чем не гнездо?), ни на миг не покидает их, чтобы **мангуст** или еще какой-нибудь хищник не раскопал и не уничтожил всю кладку. Когда приходит время крохотным крокодильчикам появиться на свет, крокодилиха-мать не только сама выкапывает их, но и, набрав полный рот детенышей, относит в воду. Но и там заботливая родительница не оставляет потомство без своего внимания, оберегая от посягательств разного рода зубастых соседей по реке, в том числе и от других крокодилов.

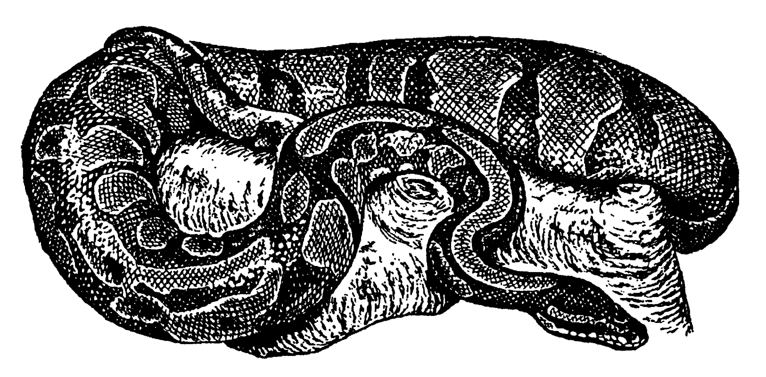
Но не крокодилы и даже не черепахи, хоть и весьма разнообразные, «делают погоду» среди современных рептилий. Наиболее многочисленны в настоящее время так называемые **чешуйчатые — ящерицы** и произошедшие от них **змеи**. Глядя на них, можно понять, почему в те времена, когда еще не были известны вымершие гиганты, люди «окрестили» рептилий **пресмыкающимися**, а то и просто **гадами**. Действительно, они ползают по земле, прижавшись к ней всем телом, словно пресмыкаются перед другими, более «благородными» животными, признавая свое «ничтожество». Но на самом деле эти рептилии, как, впрочем, и почти все, что создано эволюцией на Земле, — замечательные



Коротконогая ящерица

создания, со своими интересными приспособительными особенностями.

Змеи — отличные охотники, нападают на жертву по преимуществу из засады. **Сетчатый питон** может часами лежать, свернув кольцами свое мощное мускулистое тело, в ожидании того момента, когда на расстоянии броска окажется какое-нибудь живое существо подходящих размеров. Тогда, словно отпущенная пружина, тугие кольца мгновенно выпрямляются, бросая змеиную голову в сторону добычи, зубастая пасть впивается в нее, а длинное тело стремительно заключает жертву в стальные смертельные «объятья». А потом змея



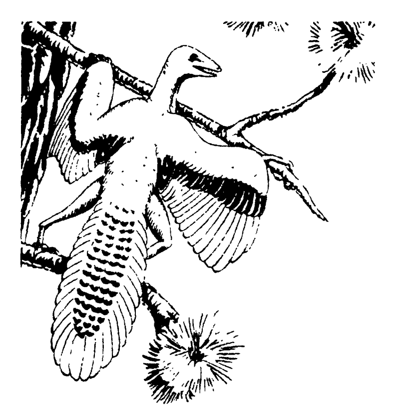
Питон

долго, иногда несколько недель будет лежать и медленно переваривать целиком проглоченную добычу — ведь эти рептилии не умеют рвать ее на части.

УСТРЕМЛЕННЫЕ В НЕБО

Птицы, как мы уже выяснили, являются потомками архозавров и потому, такие изящные, так любимые нами за миловидность и чудесные песни, должны считаться ближайшими родственниками... крокодилов. Чтобы убедиться в правоте ученых, посмотрите на реконструкцию ископаемого **археоптерикса**, которого считают предком всех птиц: если его мысленно «ободрать» до костей, то и останется — ящер ящером, с длинным хвостом, зубастый. Вот почему в одном из вариантов современной естественной системы наземных позвоночных всем птицам отводится место не более чем еще одного отряда среди архозавров. Но орнитологи — специалисты по изучению пернатых — почему-то никак не соглашаются с этим: им хочется, чтобы их любимцы были непременно отдельным классом, как завещал Карл Линней более двухсот лет назад.

Первые представители пернатых появились лишь в середине мезозойской эры, так что это одна из наиболее «молодых» групп наземных позвоночных. Но вся их «конструкция» оказалась настолько удачной, что птицы,



Археоптерикс

в отсутствие какой-либо конкуренции со стороны вымирающих птерозавров, уже в начале кайнозоя стали безраздельно владеть воздухом, так же как млекопитающие — землей. И в настоящее время разнообразие птиц больше, чем зверей и рептилий, вместе взятых: существует около 9 тысяч их видов, из которых едва ли не более половины приходится на **воробьиных**.

Пернатые — очень меткое народное название этих крылатых созданий. Действительно, одно из основных их отличий от пресмыкающихся, да и от млекопитающих, — перья, плотно покрывающие все тело. Они произошли из чешуи рептилий и первоначально предназначены были для сохранения тепла. А потом птицы приспособили их для полета, сделав из перьев несущую поверхность крыла — такие перья называются **маховыми** — и «хвост» — такие перья называются **рулевыми**.

Приспособления птиц к полету столь многочисленны, гармоничны и совершенны, что их по праву можно причислять к «шедеврам» эволюции позвоночных. Поскольку птицы во время полета затрачивают очень много энергии,

интенсивность метаболизма, да и температура тела у них выше, чем у млекопитающих. Птичий позвоночник плотно сбит, чтобы не было никакого «люфта», а на грудине выступает широкий **киль**, к нему крепится мощная мускулатура, приводящая в движения крылья. Голова значительно облегчена: зубы исчезли, а вытянутое рептилийное рыло превратилось в **клюв**, прикрытый роговым **надклювьем**.

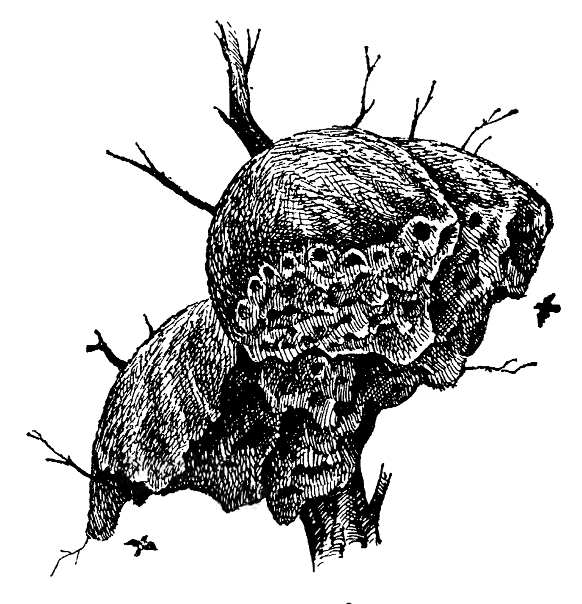
Просто уникальна дыхательная система птиц, также связанная с полетом. У них появились дополнительные **воздушные мешки**, отходящие от легких, одни из которых располагаются в полости тела, а другие проникают даже в кости. Когда птица вдыхает воздух, он сразу же прокачивается в задние мешки, а затем при выдохе опять пропускается через легкие. В результате птица как бы оба раза вдыхает, что позволяет крови непрерывно обогащаться кислородом и питать им активно работающие мышцы.

Одно из замечательных приспособлений птиц — **яйца**. Они в несколько раз крупнее рептилийных, что обеспечивает эмбрион значительным количеством



Райская птица

питательных веществ, и покрыты очень плотной скорлупой — своеобразное приспособление к насиживанию, чтобы самка невзначай не раздавила собственную кладку. Страусиное яйцо, например, выдерживает вес взрослого человека. Забота о потомстве стала у птиц обязательным правилом: насиживание яиц, а потом и пестование вылупившихся птенцов увеличивают их шансы выжить, а птицам — завоевать жизненное пространство. Для выведения потомства многие из птиц делают специальные **гнезда**. У синицы-**ремеза** подвешенное на тонкой веточке гнездо, сплетенное из тончайших волокон, — просто произведение искусства. А африканские **ткачики**, близкие



Коллективное гнездо ткачиков

родственники наших воробьев, устраивают коллективные гнезда, да столь огромные, что могут покрывать целые деревья.

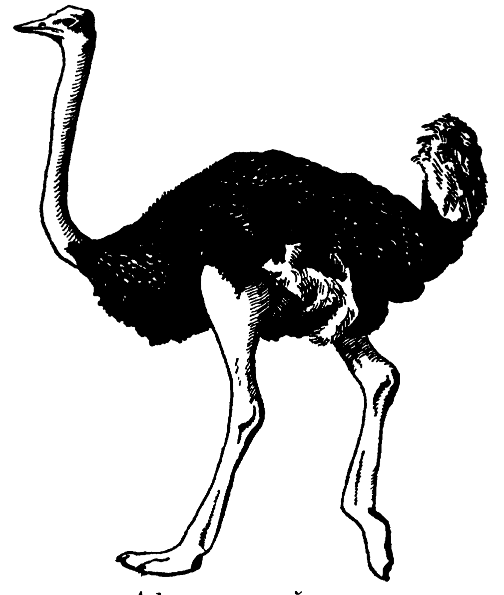

Кулик-воробей

Многие птицы, обитающие в местах с холодной зимой, на родине появляются только для размножения, а потом откочевывают или перелетают в теплые края. Маршруты некоторых птичьих **перелетов** просто поразительны: небольшой **кулик-воробей** гнездится в северной тундре, а зимует в Южной Африке и даже в Австралии. Таким образом, эта кроха дважды в год совершает путешествие в несколько тысяч километров! Совершенно невозможно понять, почему он не выбрал себе место для зимовки где-нибудь поближе.

Характер полета у разных птиц соответствует особенностям их биологии, а характеру полета соответствуют особенности строения крыльев. У **грифа**, подолгу парящего высоко в небе без единого взмаха в ожидании, когда же наконец в поле зрения его невероятно зорких глаз попадет какая-нибудь дохлятина, крылья широкие, чтобы ловить восходящие токи воздуха. У **синицы**, юрко шмыгающей между густых веток в лесу, крылышки коротенькие. Зато у **стрижа**, день напролет гоняющего с пронзительным визгом за летающей мошкарой, крылья длинные и узкие.

Но есть и нелетающие птицы, причем многие из них отказались не только от полета, но и от крыльев вовсе. Удивительно, что больше всего таких пернатых среди наиболее рано отделившихся от основного ствола птичьего древа; еще более примечательно, что у них были летающие предки.

Одни из них стали заправскими бегунами: крылышки коротенькие, зато ноги высокие, мускулистые. Таковы **страусы**, в скорости двуногого бега не уступающие лошади. Это самые крупные из современных птиц, особенно **африканский страус**: самец, когда вытягивает шею как можно выше, чтобы осмотреть окрестности, оказывается чуть ли не трехметровой высоты.



Африканский страус

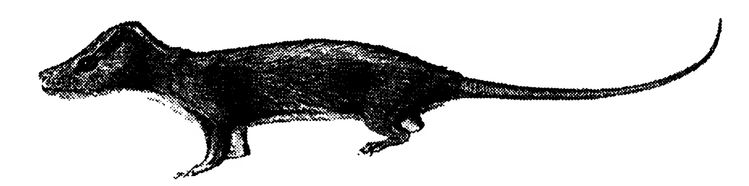
Про **пингвинов** же можно сказать, что они нелетающие, лишь с оговоркой: они отказались от полета в воздухе, но не в воде. И действительно, эти странные птицы, неуклюже ковыляющие по суше на ногах и потому отчасти напоминающие маленьких человечков, в воде чрезвычайно быстры и ловки. Этим они обязаны своим крыльям, характер движения которых таков, что иначе как «подводным полетом» их стремительные движения назвать нельзя. А о скорости этого «полета» судите сами: когда на стайку ловящих в воде рыбу пингвинов нападает их самый страшный враг — тюлень **морской леопард**, удирающие от него что есть сил пингвины разгоняются так, что пулей вылетают из воды и брюхом шлепаются на край льдины, где их морскому хищнику не достать.



Королевский пингвин

ОДЕТЫЕ ШЕРСТЬЮ

Млекопитающие возникли еще в начале мезозойской эры около 220 миллионов лет назад. Их ближайшими предками были **зверозубые рептилии**. Одни из них были мирными



Цинодонт

травоядами, другие — хищниками, вооруженными мощными острыми клыками. Наиболее многочисленными среди этих существ были **пеликозавры**, из ныне живущих рептилий они больше всего напоминали крупных ящериц — **игуан** или **варанов.** Млекопитающие же берут свое начало от **цинодонтов** — «собакозубых» рептилий.

На время существования этих самых первых, очень примитивных млекопитающих приходится чуть ли не две трети всей истории класса! Не очень меняясь и не давая сколько-нибудь заметного разнообразия форм, они протянули ни много ни мало целых 140 миллионов лет. Их эволюцию, скорее всего, сдерживали динозавры, царившие в ту эпоху на суше: примитивным млекопитающим просто не было никакой возможности «развернуться». Тем не менее за эту долгую историю они постепенно приобрели все те признаки, которые определили весь последующий прогресс класса зверей.

Во-первых, млекопитающие стали живородящими. Будьте уверены, это было совсем непросто: эволюции пришлось потрудиться, чтобы «обмануть» самое себя — обойти защиту иммунной системы, которую она сама же

раньше и создала. Во-вторых, звери стали теплокровными, выработав механизм поддержания постоянно высокой, от +32 до +38 градусов, температуры тела. А для сохранения этой температуры они «надели» шубу из густого волосяного покрова. В-третьих, они «приобрели» мягкие **губы**: взрослым это позволило тщательно пережевывать пищу, а малышам — сосать молоко. Важным приобретением стало усложнение органа слуха: появились уши, работавшие в качестве «радара», а также дополнительные **слуховые косточки**, увеличившие остроту слуха. Наконец, увеличились **большие полушария** головного мозга: звери стали умнее, у многих из них развились сложные формы социального поведения, а это стало основой для так называемой «социальной наследственности», особенно развитой у **человека**.

«Меловой кризис», случившийся в истории нашей планеты около 70 миллионов лет назад и проведший границу между **мезозоем и кайнозоем**, погубил многих процветавших в то время животных. Среди них были **и динозавры**, вымирание которых освободило множество экологических ниш. А древние млекопитающие выжили: им пригодились и теплокровность, и рождение живых детенышей. Впрочем, как раз по способу вынашивания потомства древо млекопитающих разделилось на две основные ветви — **сумчатых и плацентарных**. Они «разошлись» на том, как лучше всего решить проблему защиты ребенка от иммунной


Новорожденный кенгуру

системы матери (об этом вы уже читали подробнее в отдельном разделе).

Сумчатые пошли по пути «наименьшего сопротивления», сократив до минимума срок внутриутробного развития. Фактически самка рождает недоразвитого эмбриона, который повисает у нее на соске; а **сумка** этим зверям нужна для того, чтобы защитить новорожденное и совершенно беспомощное дитя от ударов, когда мать пробирается по зарослям или заползает в нору.

Плацентарные же «изобрели» особый орган, от которого они и получили свое название, — **плаценту**. Она стала своеобразной «полупроницаемой» пленкой, отгораживающей плод от организма самки: их крови смешиваться не позволяет, но все питательные вещества в одну сторону, а отходы в другую — пропускает. Благодаря этому плацентарные получили возможность долго, до нескольких месяцев (а китообразные больше года) растягивать внутриутробное развитие детеныша. Конечно же, это дало им огромные преимущества: ведь развивающийся организм оказывается в большей безопасности.

Плацентарные звери почти полностью повторили путь, пройденный рептилиями: по сути они взяли себе все те экологические «роли»,

которые когда-то выполняли покинувшие эволюционную «сцену» холоднокровные гиганты, мирные и не очень. Долгое время бывшие мелкими всеядными существами, многие млекопитающие быстро стали превращаться в «крупногабаритных» вегетарианцев. Например, в Южной Америке на протяжении почти всего кайнозоя бурно развивались «местные» отряды копытных, число которых достигает шести, — больше, чем их сейчас сохранилось на всей Земле. **Нотоунгулят** можно было спутать с **верблюдами**, **астрапотерии** были похожи на **носорогов**, а **пиротерии** имели много общих черт со **слонами**. Эти травоядные животные просуществовали почти до современности и вымерли всего 3–5 миллионов лет назад, причем, в отличие от **динозавров**, без всякой на то видимой причины.

Вслед за появлением травоядных, как водится, стали нарождаться и **хищные** — этого требовал закон природы. Поначалу они были некрупными, больше всего похожими на современных **виверр**. Позже появились и огромные, с медведя, **гиенодоны** — можно представить, какой ужас они наводили на стада мирно пасущихся копытных. Но настоящими «суперхищниками» несомненно были саблезубые тигры — **смилодоны** и **махайроды**. Они не умели быстро бегать, но им этого и не нужно было, ведь добычей этих монстров были почти исключительно малоповоротливые гигантские **мегатерии**, родственные ленивцам. Увы, всякая «сверхспециализация» к добру никогда



Мегатерий

не ведет: когда вымерли эти мирные существа, вымерли и питавшиеся ими хищники, не сумевшие переключиться на другую добычу.

Одним из признаков прогрессивного развития класса млекопитающих несомненно было развитие головного **мозга**, появление в нем так называемой **«новой коры»**. О его совершенстве можно судить по рельефу **больших полушарий**: чем больше они изборождены **извилинами**, тем больше поверхность коры — значит, тем больше нервных клеток, значит, тем умнее животное. Вполне преуспели в этом **хищные**, которым ум-разум совершенно

необходим для организации охоты. И действительно, стоит посмотреть, как стая **гиеновидных собак** устраивает облаву на пасущихся в африканской саванне антилоп **гну**: без развитого интеллекта здесь делать нечего.

Но самые выдающиеся интеллектуалы, конечно же, **обезьяны**, или **приматы** (что значит — «первые», первые среди всех животных), особенно высшие их представители — **человекообразные обезьяны**. Обезьяны прошли в своей истории долгий путь, начавшийся еще в конце мелового периода, то есть около 70 миллионов лет тому назад. Первые «шаги» на этом пути сделали мелкие зверьки вроде **тупай**, похожих на маленьких белочек, потом появились **полуобезьяны**, или **лемуры**, затем разнообразные **мартышки**.

А потом от эволюционного древа приматов отделилась веточка, приведшая к **человеку**.



Тупайя

САМОЕ ЮНОЕ ТВОРЕНИЕ ПРИРОДЫ

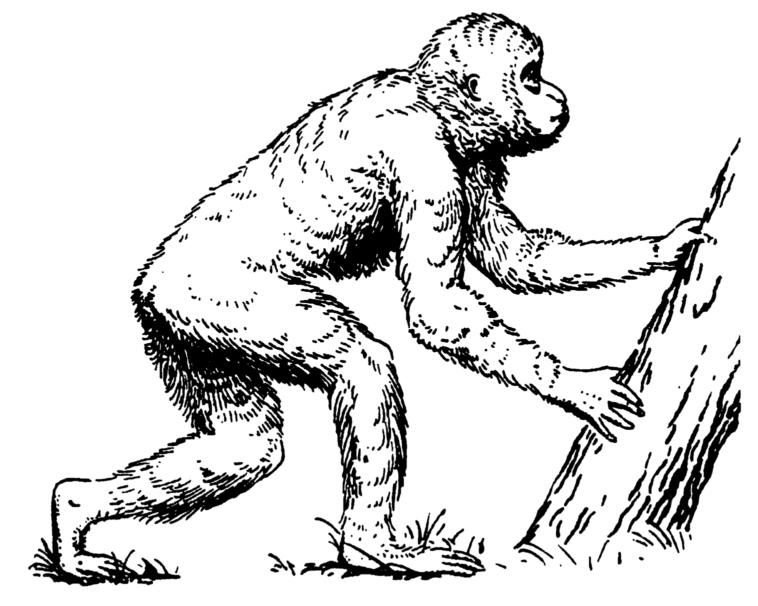
По поводу истории человечества долгое время велись горячие споры, не утихшие и по сей день. Особенно яростные дебаты между сторонниками и противниками гипотезы эволюционного развития **человека** разгорелись после выхода в свет книги Чарльза Дарвина «Происхождение человека», в которой была приведена масса доводов в пользу наших «обезьяньих корней». Причина состояла в том, что те, кто был воспитан в библейской традиции «верховенства» человека над всем сущим на Земле, никак не могли согласиться с тем, что они всего-навсего потомки каких-то хвостатых обезьян.

Тогда многие идеи автора теории естественного отбора были не более чем догадками. Но в настоящее время «палеонтологическая летопись» эволюции наших прямых предков настолько полна, что позволяет в существенных деталях проследить весь путь от обезьяны до человека. Да и данные генетики свидетельствуют в пользу этой теории: ведь разница между генотипами человека и человекообразных обезьян составляет всего несколько процентов, однозначно доказывая недавность разделения их «веточек» на «эволюционном древе» жизни.

Древнейшие **человекообразные обезьяны** возникли около 20 миллионов лет назад. Их наиболее характерный представитель — живший в Африке **проконсул** — был сравнительно

небольшим бесхвостым древесным существом, отчасти похожим на современного **гиббона**. Следующим важным этапом стало появление в африканских саваннах 4–5 миллионов лет назад наших прямых предков — **австралопитеков**. Они были еще покрыты волосами, не слишком мозговиты, с мощными челюстями и надбровными дугами, довольно длиннорукие. Но эти «обезьянолюди» уже были наземными, склонными к прямохождению, жили небольшими группами и, очевидно, умели пользоваться простейшими инструментами.

От какого-то из наиболее «человекоподобных» австралопитеков 3 миллиона лет назад и произошел первый представитель рода



Проконсул

человеческого — **человек умелый**. Он был уже совершенно прямоходящим, так что руки его были все время свободны для того, чтобы носить с собой нужные инструменты, а не бросаться на их поиски в самый критический момент. Объемом мозга (значит, и умом) этот древнейший человек уже заметно превосходил австралопитеков, что позволило ему компенсировать отсутствие острых клыков и когтей изготовлением из камня разнообразных орудий труда и обороны. Так около двух миллионов лет назад начался **каменный век**, самый продолжительный в истории человечества — он закончился приблизительно 10 тысяч лет назад, когда люди научились плавить металл.

Уже в начале каменного века примитивные люди (так называемые **архантропы**) расселились очень широко: их остатки найдены на Яве (**питекантроп**), в Китае (**синантроп**), в Европе (**«гейдельбергский человек»**). Несмотря на разные названия, все они относились к одному биологическому виду — **человеку прямоходящему**. Он просуществовал немногим более миллиона лет, около 600 тысяч лет назад превратившись в современный вид людей, к которому мы и

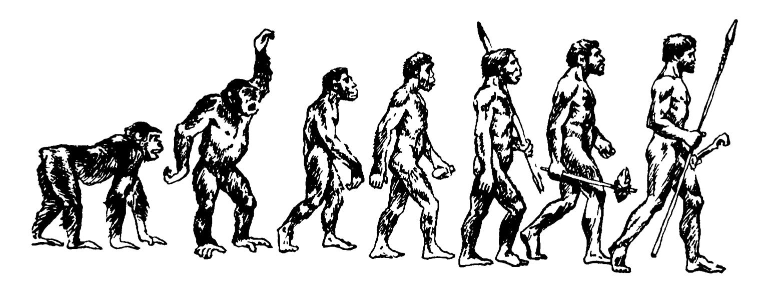


Синантроп

относимся, — в **человека разумного.** И одним из первых важнейших завоеваний этого человека, свидетельствовавших о его разумности, стало умение обращаться с огнем — не только использовать, но и поддерживать.

В те стародавние времена особенно преуспели в этом **неандертальцы**, жившие по всей Европе и Юго-Западной Азии. В совершенстве владевшие изготовлением орудий для охоты и инструментами для обработки звериных шкур, именно они, впервые столкнувшись с ледниковыми похолоданиями, «изобрели» одежду и утепленные жилища из выделанного меха. В своих пещерных убежищах они впервые пытались изобразить окружавший их мир: на стенах пещер с тех времен отлично сохранились рисунки животных. Они были настолько похожи на оригиналы, что сегодня по ним даже можно определять, какие звери и птицы обитали рядом с первобытными людьми.

Век неандертальцев закончился приблизительно 30 тысяч лет назад. Им на смену пришли **кроманьонцы** — наши ближайшие предки. Они возникли в Африке около 100 тысяч лет назад и оттуда проникли в более северные земли. Кроманьонцы унаследовали всю неандертальскую культуру, восприняв от своих предшественников многие знания и умения. На протяжении **мезолита**, то есть 30–40 тысяч лет назад, кроманьонский человек уже освоил Европу и Азию, а потом проник в Австралию и Се-



Ступени эволюции человека: примат, рамапитек, австралопитек, человек умелый, человек прямоходящий, неандерталец, человек разумный

верную Америку. Завершение последнего **ледникового периода** около 10 тысяч лет назад, когда климат потеплел (это межледниковье продолжается до сих пор), сняло с него тяжкое бремя борьбы за выживание в суровых климатических условиях. С этим совпало одно из важнейших событий в истории человечества: люди научились плавить металл. **Каменный век** сменился **бронзовым** — так начался современный этап истории **человека разумного.**

Итак, многочисленные данные современной науки недвусмысленно указывают на совсем недавнее происхождение человека как биологического вида от высших обезьяноподобных предков. Но, решив загадку происхождения, ученые оказались перед целым рядом других. Особенно «таинственным» представляется развитие интеллекта, да не просто развитие, а та невероятная скорость, с которой обезьяна-тугодум превратилась в мыслящее человеческое существо.

Некоторое время назад все объяснялось довольно популярной формулой «труд создал человека». Ее по достоинству «оценили» диктаторы XX столетия, сгоняя миллионы ни в чем не повинных людей в концентрационные лагеря для «воспитания» физическим трудом. Но нет ничего более далекого от истины, чем этот расхожий афоризм: на самом деле человека «создали» изобретательные мозги, интенсивная работа которых позволяла постоянно совершенствовать средства производства, тем избавляя от тупого изнурительного труда. Так что, пожалуй, более подходит к ситуации другая — правда, шутливая — формула: «Лень — двигатель прогресса».

И вправду, попробуем представить себе какую-нибудь сценку из жизни древних людей — ну, хотя бы охоту на оленя. Погнался охотник за диким зверем, но не догнал. Подобрал камень, метнул — мимо, метнул другой — недолет. Он бы метнул и в третий раз, а то, пожалуй, и в десятый, да оказался поблизости «лентяй», любящий головой работать пуще, чем руками, — он взял да и придумал пращу. Стал охотник метать камень из пращи — далеко, да не очень точно. Он бы так и упражнялся в меткости да силушку накачивал, кабы не все тот же «лентяй»: подумал-подумал, да и примотал к камню палку, чтобы поухватистее было, — получился дротик. Еще раз подумал, отвязал камень, удлинил палку — получилось копье. Еще раз подумал, укоротил палку,

согнул дубовый сук, натянул между концами веревку — получился лук со стрелой. А там и арбалет уже стал намечаться, нужно было только изобрести винтовую резьбу да научиться рассчитывать рычаги и крутящие моменты, то есть овладеть математикой.

Так далеко ли продвинулись бы мы в своем развитии, если бы все время только и занимались «трудом» — упражнялись в бросании камней вдогонку убегающему оленю? Вот и выходит, что секрет происхождения человека кроется не в труде самом по себе, а в способности к творчеству.

Чтобы проникнуть в тайну активизации мозговой деятельности, ученые-медики сравнили по физиологическим и биохимическим показателям гениев рода человеческого (тех самых «лентяев», любящих думать) с «простыми смертными» (трудягами — кидателями камней), а тех — с человекообразными обезьянами. Так вот, результаты оказались просто поразительными: в ряду от обезьяны до гения удалось отчетливо проследить увеличение концентрации в крови некоторых веществ, связанных с водно-солевым обменом в организме. И родилось предположение: когда-то в генотипе обезьяноподобных предков человека произошла мутация, изменившая ход водно-солевого обмена, а «побочным продуктом» этого как раз и оказались вещества, стимулирующие деятельность мозга. Так ли это или нет, пока окончательно судить рано, нужно еще исследовать

да исследовать, но по крайней мере ясно, что ничего сверхъестественного в «мозговитости» человека, скорее всего, нет.

Но одной физиологией стремительный эволюционный «прыжок» человека в сферу напряженной интеллектуальной деятельности едва ли объясним. Есть еще один механизм — пожалуй, даже один из важнейших: это так называемое **«социальное наследование»**. В мире живой природы, как вы знаете, основным — а для большинства и единственным — способом передачи наследственной информации от предков к потомкам являются молекулы ДНК. В них закодированы все свойства организмов, начиная от особенностей обмена веществ и кончая стереотипными поведенческими реакциями — **безусловными рефлексами.** Изменение этих свойств, в том числе усложнение поведения, результат постепенного и потому неизбежно медленного закрепления признаков, просеянных через «сито» естественного отбора.

У человека к этому добавился совершенно иной способ передачи информации, накопленной в предшествующих поколениях, — **обучение.** Конечно, честь «открытия» этого способа организации информационных потоков (о них вы читали в первой части книги) принадлежит не людям, его элементарными формами владеют многие высшие творения природы, прежде всего млекопитающие и птицы. Но именно человек «изобрел» речь и письменность, которые резко увеличили объем запоминаемой и

передаваемой в поколениях информации. Внимая преданиям, читая книги, обучаясь в школе, растущее человеческое существо овладевает некоторой толикой всего того безграничного богатства знаний, которые ни в каком генотипе не могут быть записаны.

Правда, такой способ приобщения к наследию прошлого подразумевает удлинение детского и подросткового периодов жизни, во время которых как раз и происходит обучение. И действительно, у человека «до-взрослый» этап развития, пожалуй, самый продолжительный в животном мире. Но и здесь «нет худа без добра». Ведь ребенок — это «почемучка», он отличается от взрослого способностью удивляться миру и задавать множество вопросов, «нелепых» с точки зрения все тех же взрослых. А что такое первооткрыватель как не человек, сохранивший и в зрелом возрасте способность задавать все те же «детские» вопросы — «как» да «почему»? Но ведь совершенно ясно, что, не задав вопроса, не получишь и ответа. Вот и получается, что «продление» детства тоже способствует росту знания, а тем самым и прогрессу всего человеческого общества.

Так что не спешите становится «всезнайками»-взрослыми, задавайте как можно больше «детских» вопросов — и вам откроется множество тайн мироздания, тайн происхождения и развития живого.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Б

Е

Ж

З

И

К

Л

М

Н

О

П

Р

С

Ф

Х

Ш

Щ

Э

Я

СОДЕРЖАНИЕ

ЭВОЛЮЦИОННОЕ ДЕРЕВО ЖИЗНИ



ISBN 5-17-008713-6
9 785170 087136
аст
ИЗДАТЕЛЬСТВО